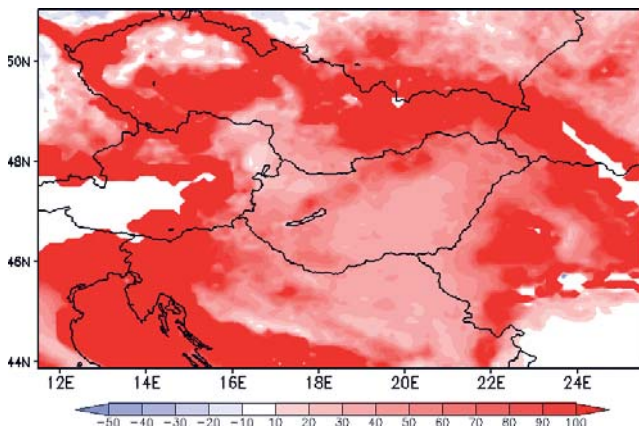
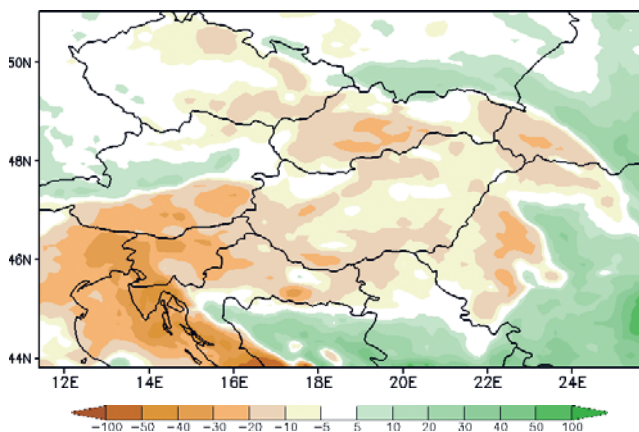


"KLÍMA-21" Füzetek

KLÍMAVÁLTOZÁS – HATÁSOK – VÁLASZOK

Az éves csapadékösszeg és a hőségriadós napok gyakoriságának relatív változása (százalék) a RegCM regionális éghajlati modell eredményei alapján a 2021–2050-es időszakra, az A1B Szenárió esetén (referencia időszak: 1961–1990)



Forrás: Bartholy – Pongrácz – Torma tanulmánya

A TARTALOMBÓL

Várható éghajlatváltozás a Kárpát-medencében 2021–2050-re

Erdők klímaváltozási hatásokkal szembeni védelme

Májusi orgona fejlődésének elemzése

Időjárás hatása a meggy virágzás-tartamára

A búza- és kukorica-termelés ökológiai feltételeinek értékelése

Járműveken megkötött szén-dioxid gazdasági-környezeti hatásai

Gépkocsik légszennyezése

Klímaváltozás és a többcélú hidromelioráció

2010. 60. szám

„KLÍMA-21” FÜZETEK
KLÍMAVÁLTOZÁS – HATÁSOK – VÁLASZOK

“CLIMA-21” BROCHURES
CLIMATE CHANGE – IMPACTS – RESPONSES

„KLIMA-21” HEFTE
KLIMAÄNDERUNG – AUSWIRKUNGEN – LÖSUNGEN

«КЛИМА-21» БРОШЮРЫ
ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА – ВЛИЯНИЯ – ОТВЕТЫ

SZERKESZTŐ:
CSETE LÁSZLÓ
c. egyetemi tanár

SZERKESZTŐSÉG:
1093 Budapest, Zsil u. 3–5.
Tel.: 476-3295, Fax: 342-7571
E-mail: csetel@mail.datanet.hu

KIADJA:
MTA KSZI KLÍMAVÉDELMI KUTATÁSOK KOORDINÁCIÓS IRODA

FELELŐS KIADÓ:
LÁNG ISTVÁN
akadémikus

ISSN 1789-428X

Készült:
AKAPRINT KFT. BUDAPEST – Felelős vezető: Freier László

TARTALOM

TANULMÁNY

<i>Bartholy Judit – Pongrácz Rita – Torma Csaba: A Kárpát-medencében 2021–2050-re várható regionális éghajlatváltozás RegCM-szimulációk alapján.....</i>	3
<i>Solymos Rezső: Az erdők kedvezőtlen klímaváltozási hatásokkal szembeni védelme .</i>	14
<i>Varga Zoltán – Varga-Haszonits Zoltán – Enzsölné Gerencsér Erzsébet – Lantos Zsuzsanna – Milics Gábor: A májusi orgona (Syringa vulgaris L.) fejlődésének fenológiai és bioklimatológiai elemzése</i>	22
<i>Lakatos László – Tornyai Julianna – Szabó Tibor – Soltész Miklós – Maria Claudia Dussi – Sun Zhong-Fu – Szabó Zoltán – Nyéki József: A meggy virágzástartamának kapcsolata a virágzás előtti és alatti meteorológiai változókkal</i>	36
<i>Péter Béla – Mika János: A búza- és kukoricatermelés ökológiai feltételeinek értékelése.</i>	44
<i>Zádor István – Török Ádám: Járműveken megkötött szén-dioxid gazdasági és környezeti hatásainak elemzése</i>	56
<i>Marosvölgyi József – Nyári Tünde: Gépkocsik légszennyezése</i>	62
VITA	
<i>Szinay Miklós: Klímaváltozás és a többcélú hidromelioráció</i>	66
Summary	74
Contents	80

A KÁRPÁT-MEDENCÉBEN 2021–2050-RE VÁRHATÓ REGIONÁLIS ÉGHAJLATVÁLTOZÁS REGCM-SZIMULÁCIÓK ALAPJÁN

BARTHOLY JUDIT – PONGRÁCZ RITA – TORMA CSABA

Kulcsszavak: Kárpát-medence, hőmérséklet- és csapadékváltozás, területi eltérések.

ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A RegCM regionális éghajlati modell 25 km-es horizontális rácsfelbontású szimulációinak elemzését mutatjuk be ebben a cikkben. A közepesnek tekinthető A1B scenárió esetén vizsgáljuk a 2021–2050 időszakra várható változásokat az 1961–1990 referencia időszakhoz viszonyítva. Magyarországon éves átlagban 1,1 °C a várható melegedés mértéke. Az éves menetet tekintve nyáron és ősszel ennél kisebb a várható változás (0,7 °C, illetve 0,8 °C), tavasszal jóval nagyobb (1,6 °C), télen pedig hasonló mértékű (1,1 °C). A hőmérsékleti extrémumok jövőben várható tendenciái szintén a térség melegedését jelzik: míg a nyári napok száma várhatóan átlagosan 16%-kal (vagyis évi átlagban 9 nappal) növekedhet hazánk területén, addig a fagyos napok száma várhatóan mintegy 21%-kal (azaz éves átlagban 15 nappal) csökkenni fog. A magyarországi csapadékokat tekintve éves átlagban mintegy 7%-os csapadékcsökkenés várható, mely a délnyugati országrészben a legjelentősebb. Az évszakok közül a várható szárazodás mértéke tavasszal lesz a legnagyobb (átlagosan 10%), míg nyáron a legkisebb (átlagosan 2%). A csapadékos napok száma (amikor a napi csapadék meghaladja az 1 mm-t) 2021–2050-re az ország területén várhatóan csökken (mintegy 5–20%-kal), míg a nagy csapadéku napok száma (napi csapadék > 20 mm) általában növekszik. A várható növekedés elsősorban az alacsonyabban fekvő területekre vonatkozik, s ennek mértéke átlagosan 5–40%, de az északi országrészben akár az 50%-ot is elérheti. Kis mértékű csökkenésre számíthatunk a hazai hegyvidéki területeken, valamint délnyugaton, a Dráva mentén. A csapadék valószínűsíthető szélsőségesebbé válása miatt az egymás utáni száraz napok száma is várható növekedni fog a jövőben, melynek mértéke átlagosan 5–15%-os az ország területén, s ez a nyugati és a középső országrészben lesz a legjelentősebb.

BEVEZETÉS

Meteorológiai mérésekkel bizonyítható, hogy a földi légkör alsó légrétegei melegek az elmúlt másfél évszázadban. Mára már csak kevesen vitatják, hogy ennek hátterében az üvegházhatású gázok antropogén eredetű kibocsátásának növekedése áll. A 2007-es IPCC-jelentésben közzétett modellszimulációk szerint több °C-os globá-

lis melegedésre számíthatunk az évszázad végére. A becslések szerint a regionális melegedés értékei várhatóan számos régióban jelentős mértékben meghaladják majd a globális átlagot. Sajnálatos módon a Kárpát-medence térsége is a nagyobb klímaérzékenységi zónába tartozik a modellszimulációk alapján. A várható éghajlatváltozás becslésére alkalmazott globális éghajlati modellek tudományos és technikai kidolgozottsága

napjainkra elérte azt a szintet, hogy képesek leírni az éghajlati rendszer globális skálájú folyamatait. Ezekkel a globális modellekkel azonban nem lehetséges regionális térskálán is megfelelő pontosságú becsléseket készíteni, melyek alapján az ipar, a mezőgazdaság számára regionális hatástanulmányokat lehetne készíteni. Ezért számos statisztikus és dinamikus közelítésen alapuló módszert alkalmaznak világszerte a globális modellek eredményeinek regionalizálására, leskálázására. A regionális éghajlati modellek megbízható fizikai tartalommal, nagy területi felbontással rendelkeznek, de a Földnek csak egy kisebb, korlátos tartományán vannak értelmezve. Ezen regionális modellek felbontása akár 10–25 km is lehet, mely már kisebb térségek éghajlati leírását is lehetővé teszi.

Az elmúlt néhány évben hazánkban az *Eötvös Loránd Tudományegyetem (ELTE) Meteorológiai Tanszékén*, valamint az *Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) Numerikus Modellező és Éghajlat-dinamikai Osztályán* két-két regionális klímamodell hazai adaptálására került sor (*Bartholy et al., 2006a; 2006b; 2009a; 2009b; Torma et al., 2008; Csima – Horányi, 2008; Szépszó – Horányi, 2008; Szépszó et al., 2008; Pieczka et al., 2009*), amelyek segítségével lehetőségünk nyílik becslést adni a Kárpát-medencében a XXI. századra várható éghajlatváltozás tendenciáira. E cikkben a négy adaptált modell közül a RegCM szimulációk felhasználásával a 2021–2050-re hazánk térségére várható regionális éghajlatváltozást elemezzük. Az évszakos átlaghőmérsékletek és az évszakos csapadékviszonyok mellett az extrém éghajlati események gyakoriságváltozását is vizsgáljuk.

A REGCM KLÍMAMODELL

Az *ELTE Meteorológiai Tanszékén a CECILIA (Central and Eastern Europe Climate Change Impact and Vulnerability Assessment, <http://www.cecilia-eu.org>) eu-*

rópai uniós projekt keretében került sor a RegCM regionális modell adaptálására a Kárpát-medence térségére (*Torma et al., 2008*). A 120×100 rácpontot tartalmazó integrálási tartományt a következő sarokpontok jelölik ki: 51,0°É.sz., 11,4°K.h., és 43,8°É.sz., 25,8°K.h.

A RegCM regionális klímamodellt eredetileg az amerikai *Légköri Kutatások Nemzeti Központjában (National Center for Atmospheric Research, NCAR)* fejlesztették ki az 1980-as évek végén (*Dickinson et al., 1989; Giorgi, 1989*). A klímamodell dinamikai alapja egy összenyomható, véges differenciál közelítést alkalmazó hidrosztatikus modell (*Giorgi et al., 1993a; 1993b*). Vizsgálatainkhoz 10 km-es horizontális felbontással, 18 vertikális szintre a 3-as verziószámú RegCM (RegCM3) modellt alkalmaztuk, mely magában foglalja az ún. Bioszféra-Légkör-Transzfer-Sémát, BATS (*Dickinson et al., 1993*) a felszíni folyamatok kezelésére. A határréteg fizikáját a *Holtzlag et al. (1990)* által kidolgozott séma szerint kezeli a modell. További fizikai parametrizációs eljárásokat is tartalmaz a modell: például sugárzás-átviteli csomagot (*Kiehl et al., 1996*), a nagyskálájú felhőzet és csapadék sémát (*Pal et al., 2000*), valamint a konvektív csapadékot előidéző folyamatokat leíró *Grell (1993)* sémát. A modell jelenleg a trieszti *Elméleti Fizikai Kutatóintézet*en (ICTP) keresztül hozzáférhető.

Vizsgálataink során az A1B globális emisszió scenárióra készítettük el a modellszimulációkat, mely azt feltételezi, hogy a Föld teljes népessége néhány évtizeden belül mintegy 9 milliárdra növekszik, majd ezt követően a század végére fokozatosan 7 milliárdra csökken (*Nakicenovic – Swart, 2000*). Az A1B scenárió gyors gazdasági és technológiai fejlődést prognosztizál, valamint a légköri széndioxid-koncentráció valamelyest lassuló ütemű növekedését, mely 2100-ra meghaladhatja a 715 ppm-et. A RegCM modell futtatásához az ECHAM5 (*Roeckner et al., 2003*) globális éghajlati modell biztosította a kezdeti és határfeltételeket.

A 2021–2050 IDŐSZAKRA VÁRHATÓ ÁTLAGOS VÁLTOZÁSOK

A belátható idejű, rövidebb távú gazdasági tervezéshez a néhány évtizeden belül várható változások ismerete szükséges, s e cikkben ezeket elemezzük. Ugyanakkor az eredmények értékelésekor célszerű szem előtt tartani azt is, hogy ez alatt az időszak alatt éppen a rövidebb időtáv miatt még nem feltétlenül jelentkezik a regionális térskálán erőteljes klímaváltozás. A XX. század későbbi évtizedeiben várható nagyobb mértékű éghajlati változásokhoz vezető kibocsátási feltételek megváltoztatásához elengedhetetlen a mihamarabbi cselekvés, az alkalmazkodási stratégiák kidolgozása, értékelése.

Ebben a fejezetben a hőmérséklet és a csapadék 2021–2050-re várható regionális változásait foglaljuk össze a RegCM futtatások alapján.

A hőmérséklet változása

Az 1. és 2. ábrán az éves, illetve az évszaksos várható átlaghőmérséklet-változást mutatjuk be az 1961–1990 referencia időszakhoz viszonyítva. A Kárpát-medence területén a XXI. század közepére egyöntetű melegedés várható. Magyarországon éves átlagban 1,1 °C a várható melegedés mértéke, a legkisebb nyáron és ősszel 0,7 °C és 0,8 °C-kal, s a legnagyobb tavasszal 1,6 °C-kal (1. táblázat). A térségben a magasabb hegyvidéki területeken, illetve Magyarországon számíthatunk a legnagyobb mértékű melegedésre 2021–2050-re.

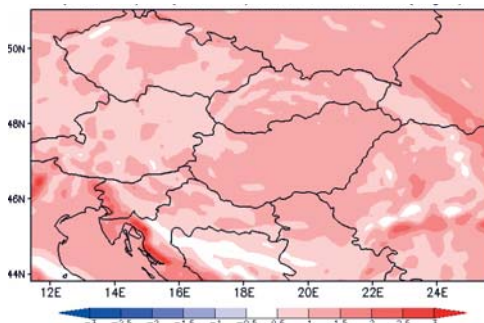
A csapadék alakulása

A hőmérséklet mellett a másik alapvető éghajlati változó a csapadék, melynek változásai szintén nagymértékben befolyásolják a gazdasági élet főbb területeit, például a mezőgazdasági tevékenységet. A hőmérséklettel ellentétben a csapadék jóval változékonyabb klímáparaméter akár térségi, akár időbeli eloszlását tekintve. Éppen ezért a jövőben várható éghajlati feltételek prognosztizálásakor a csapadéokra vonatkozó becslések sokkal nagyobb bizonytalanságot tartalmaznak, mint a hőmérsékletre vonatkozók.

1. táblázat
A hőmérséklet és a csapadék átlagos éves és évszaksos változásainak tendenciái 2021–2050 időszakra a RegCM regionális éghajlati modell eredményei alapján, A1B szcenárió (referencia időszak: 1961–1990)

2021–2050	Éves	Tavaszi	Nyár	Ősz	Tél
Hőmérséklet (°C)	1,1	1,6	0,7	0,8	1,1
Csapadék (%)	–6,7	–9,6	–2,1	–3,8	–9,5

1. ábra

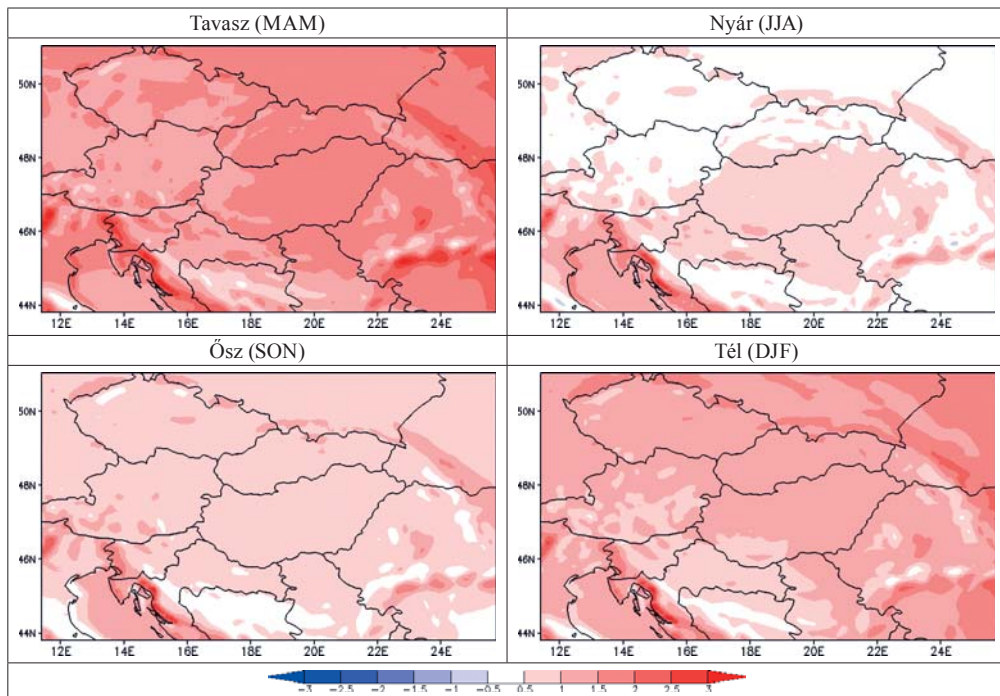


Az éves átlaghőmérséklet változása (°C-ban) a RegCM regionális éghajlati modell eredményei alapján a 2021–2050-es időszakra, az A1B szcenárió esetén (referencia időszak: 1961–1990)

vöben várható éghajlati feltételek prognosztizálásakor a csapadékra vonatkozó becslések sokkal nagyobb bizonytalanságot tartalmaznak, mint a hőmérsékletre vonatkozók.

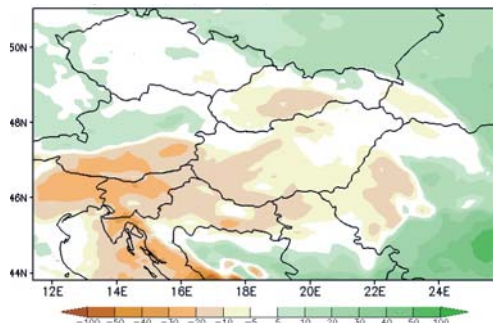
A 3. és a 4. ábra a 2021–2050 időszakra a Kárpát-medencében várható éves és évszaksos csapadékösszeg-változásokat illusztrálja a referencia időszakhoz (1961–1990) viszonyítva. A százalékbán kifejezett értékek alapján látható, hogy Magyarország területén mind az éves összegben, mind az évszaksos összegekben csökkenésre számíthatunk a XXI. század közepére. Éves átlagban Magyarországon 6,7%-os csapadékcsökkenés várható

2. ábra



Az évszakos hőmérsékletek változása (°C-ban) a RegCM regionális éghajlati modell eredményei alapján a 2021–2050-es időszakra, az A1B Szenárió esetén (referencia időszak: 1961–1990)

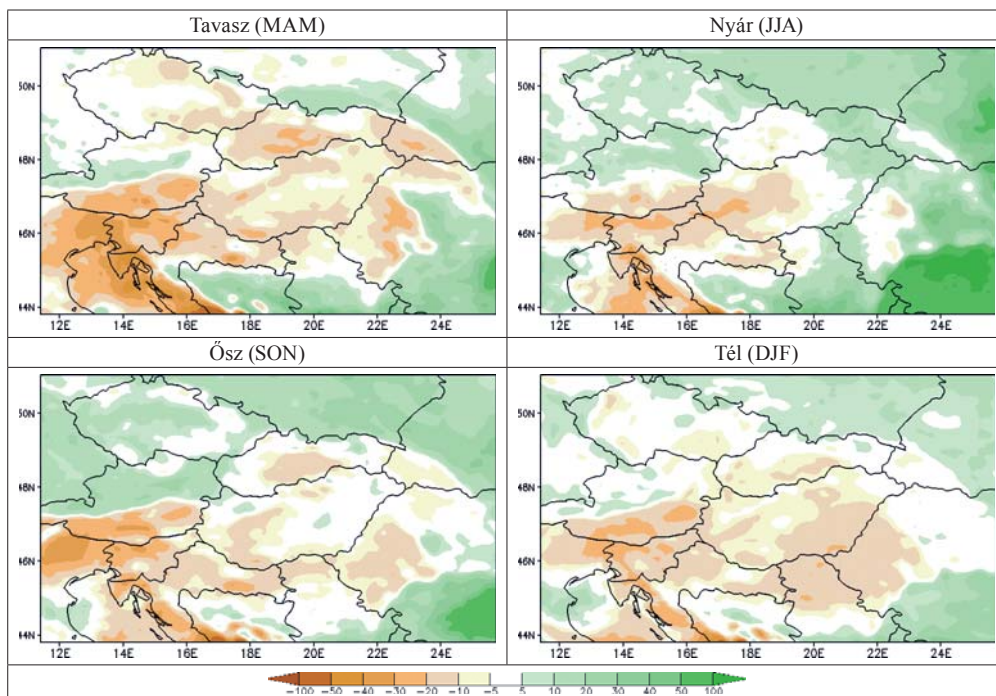
3. ábra



Az éves csapadékösszeg relatív változása (százalékban) a RegCM regionális éghajlati modell eredményei alapján a 2021–2050-es időszakra, az A1B Szenárió esetén (referencia időszak: 1961–1990)

(1. táblázat), mely a délnyugati országrészben a legjelentősebb. Az évszakok közül a várható szárazodás mértéke tavasszal a legnagyobb (átlagosan 9,6%), míg nyáron a legkisebb (átlagosan 2,1%). Nyáron ugyanakkor jelentős országon belüli eltérések várhatók: a Dunántúl térségében az átlagot meghaladó, jelentős csapadékcsökkenésre, míg az északkeleti országrészben csapadéknövekedésre számíthatunk. A kapott eredmények nem mindenben egyeznek meg más vizsgálatok becsléseivel. Például a PRUDENCE európai uniós projekt 22 modellszimulációja a század végére egybehangzóan a nyári csapadékcsökkenés mellett a téli csapadék növekedését valószínűsíti (Bartholy et al., 2007; 2008). A hatástanulmányok készítőinek figyelmét felhívjuk arra, hogy a modellszimulációk

4. ábra



**Az évszakai csapadékösszeg relatív változása (százalékban)
a RegCM regionális éghajlati modell eredményei alapján
a 2021–2050-es időszakra, az A1B szcenárió esetén (referencia időszak: 1961–1990)**

által becsült évszakai csapadékváltozások mértéke viszonylag csekély, s az eredmények a térség jelentős részén statisztikai értelemben nem szignifikánsak. A csapadékkal kapcsolatos eredmények felhasználásakor ezt mindenképpen figyelembe kell venni, s ennek ismeretében szükséges megadni az előrejelzések s a levont következtetések bizonytalanságát.

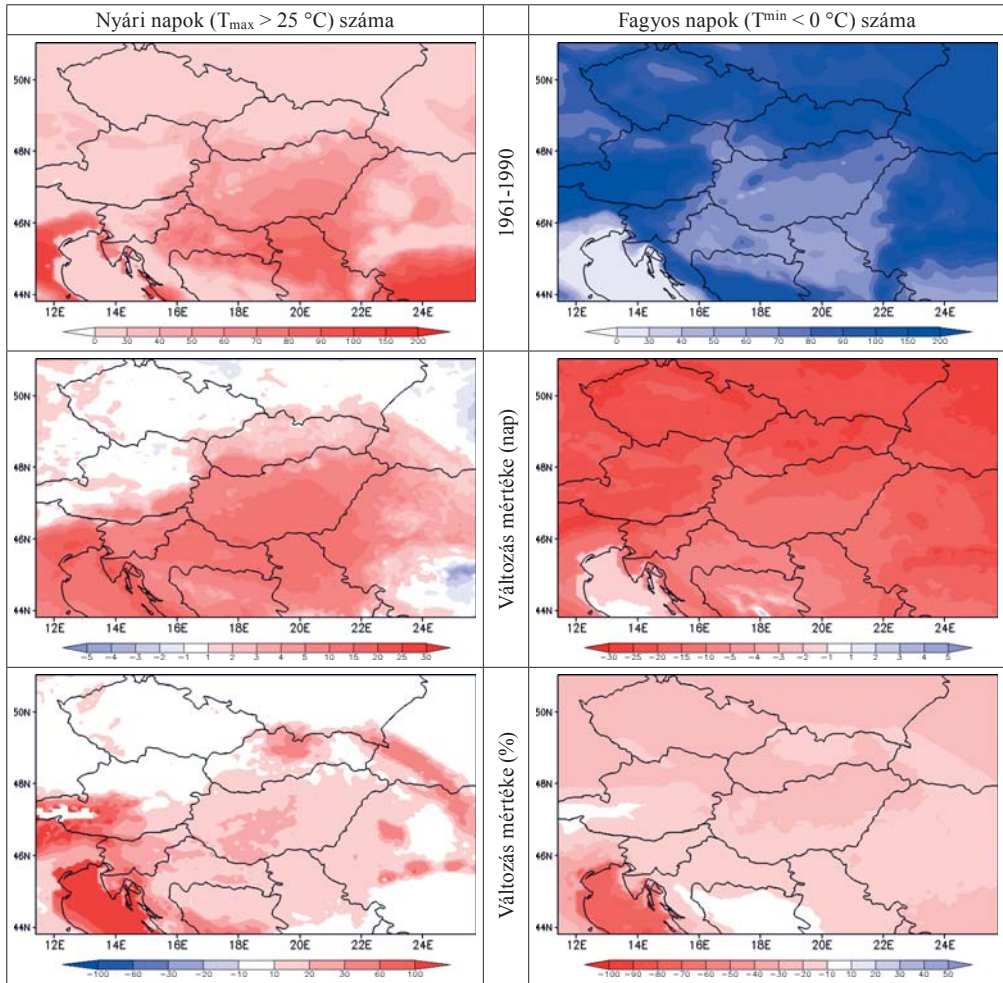
**A szélsőséges események
várható gyakoriságváltozásai
(2021–2050)**

Az átlaghőmérsékletek eltolódása mellett mára már az extrémumok gyakoriságváltozása is érzékelhető mind globális, mind regionális skálán. E folyamatoknak jelentős

következményei lehetnek az iparra, a mezőgazdaságra, s a társadalom egészére vonatkozóan. Az 1990-es évek végén nemzetközi összefogással alakult WMO-CCI/CLIVAR munkacsoport a szélsőséges időjárási események jellemzésére közel harminc extrém indexet definiált (*Peterson et al., 2002*).

Ezeket az indexeket felhasználva számos vizsgálat készült szerte a világon a hőmérsékleti és csapadék szélsőségek elemzésére (*Klein Tank et al., 2002, Klein Tank és Können, 2003, Bartholy és Pongrácz, 2005, 2006, 2007*). Ebben a tanulmányban példaként csak néhányat mutatunk be, melyek meghatározásához a RegCM 1961–1990 referencia időszakra és a 2021–2050 jövőbeli időszakra futtatott szimulációit vettük alapul. Az 5. ábrán a nyári napok (amikor

5. ábra



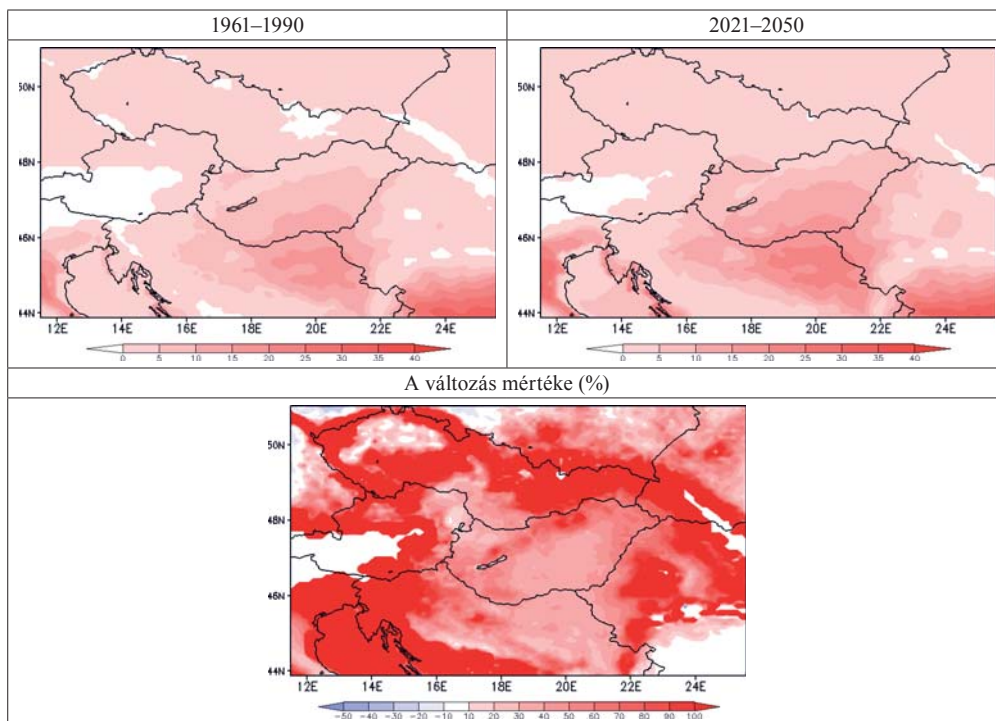
**A nyári (balra) és a fagyos (jobbra) napok gyakoriságának változása
a RegCM regionális éghajlati modell eredményei alapján
a 2021–2050-es időszakra, az A1B szcenárió esetén (referencia időszak: 1961–1990)**

$T_{\max} > 25\text{ °C}$) és a fagyos napok (amikor $T_{\min} < 0\text{ °C}$) éves számának várható változási tendenciái láthatók. Az ábra felső térképei az adott paraméter referencia időszakra vonatkozó átlagos éves előfordulási gyakoriságait illusztrálják, a középső és az alsó térképek a jövőben várható változások abszolút (nap/év egységben kifejezett) és relatív (%-ban kifejezett) mértékét mutatják. Egyértelműen

látható a nyári napok számának várható növekedése, s a fagyos napok számának várható csökkenése az egész térségben. Magyarországon e változások mértéke átlagosan 16% (9 nap/év), illetve 21% (15 nap/év). Ezek az ellentétes előjelű várható változások a térség melegebb tendenciáját jelzik.

A melegedés humán-egészségügyi szempontból is jelentős következményekkel járhat,

6. ábra



**A hőségriadós napok gyakoriságának változása
a RegCM regionális éghajlati modell eredményei alapján
a 2021–2050-es időszakra, az A1B szcenárió esetén (referencia időszak: 1961–1990)**

ennek illusztrálására a 6. ábrán bemutatjuk az I. fokozatú hőségriadó várható gyakoriságváltozását a térségben. A felső két térkép az 1961–1990-es (a bal oldalon) és a 2021–2050-es (a jobb oldalon) időszakra ábrázolja a hőségriadós napok (amikor $T_{\text{közép}} > 25\text{ °C}$) átlagos éves számának területi eloszlását. Jelenleg és a jövőben is zonális szerkezetet figyelhetünk meg hazánk térségében, a déli határszél közelében a legnagyobb ezen napok gyakorisága, mely 10-15 napról 15-20 napra növekedhet a század közepére.

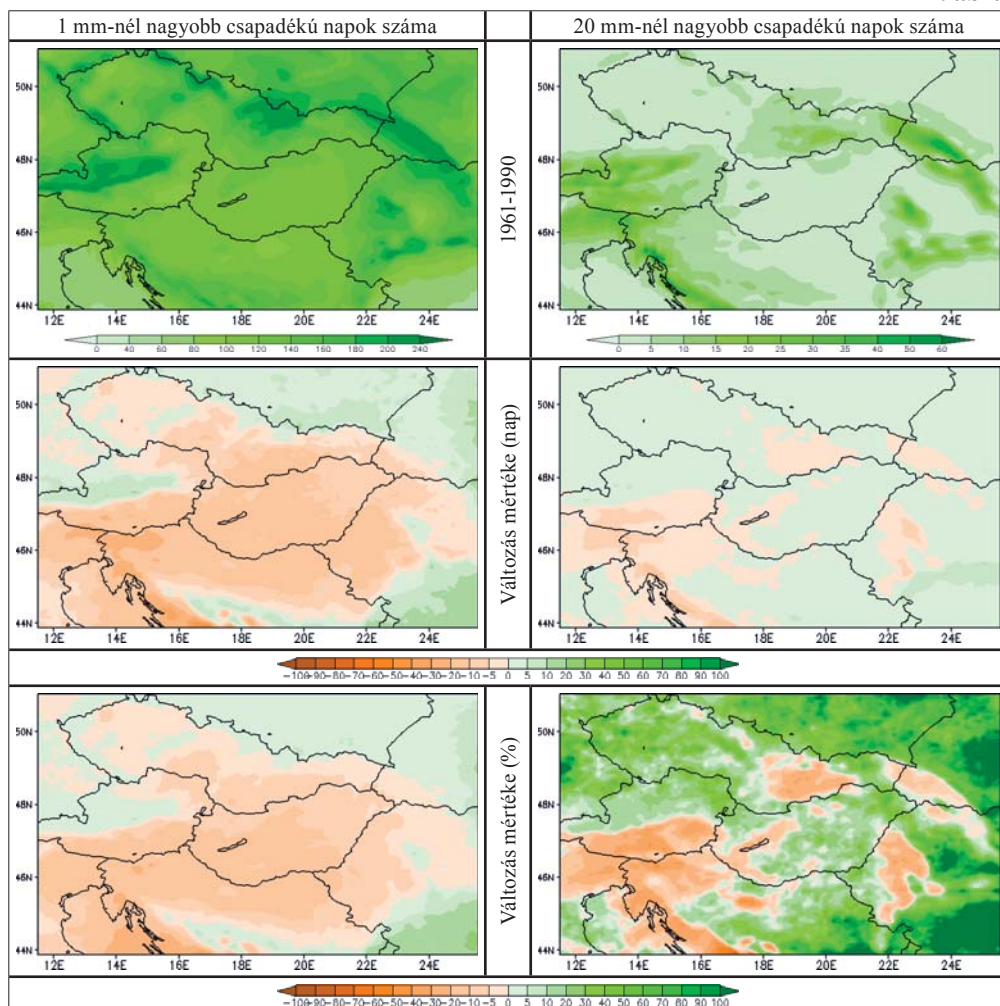
A hőségriadós napok valószínűsíthető gyakoriságai jelentős mértékben emelkednek (az alsó térképen), százalékos formában kifejezve az ország területén mintegy 20-70%-os növekedésre számíthatunk. Nagyon magas százalékos értékeket láthatunk az Alpok és

a Kárpátok közepes és magas hegyvidékein, ahol az eredetileg 1-2 nap/év gyakoriság minimális növekedése is relatíve nagy változást jelent.

A csapadékindexek közül elsőként az 1 mm-nél, illetve a 20 mm-nél nagyobb csapadékú napok számának várható változását mutatjuk be (7. ábra). A felső térképeken az 1961–1990-es referencia időszakra szimulált mezőket láthatjuk, melyek alatt a 2021–2050-re várható változásokat jelezzük nap/év mértékegységben (középen), illetve százalékban kifejezve (legalul).

Egyértelműen leolvasható a térképekről, hogy a csapadékos napok száma (napi csapadék $> 1\text{ mm}$) az ország területén csökken a jövőben (mintegy 5-20%-kal), míg a nagy csapadékú napok száma (napi csapadék

7. ábra

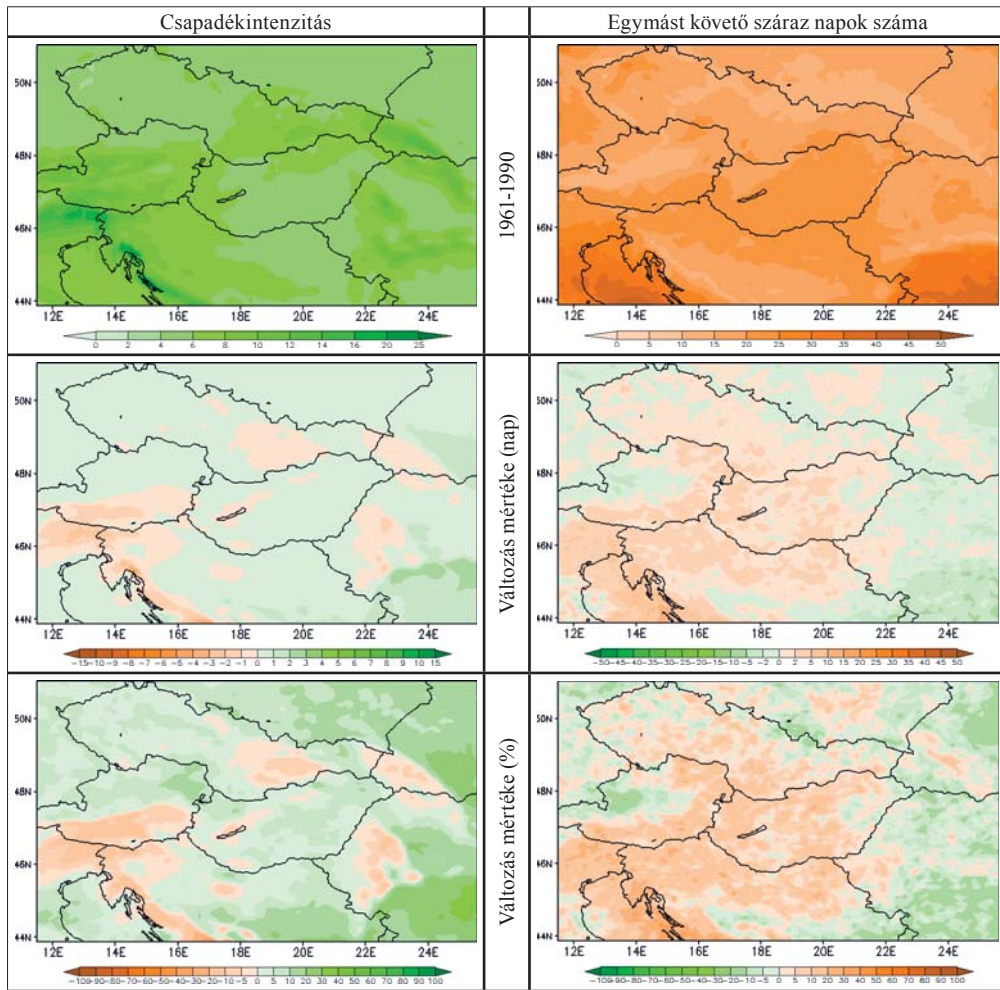


Az 1 mm-nél (balra) és a 20 mm-nél (jobbra) nagyobb csapadéku napok gyakoriságának változása a RegCM regionális éghajlati modell eredményei alapján a 2021–2050-es időszakra, az A1B szcenárió esetén (referencia időszak: 1961–1990)

> 20 mm) általában növekszik. A várható növekedés elsősorban az alacsonyabban fekvő területekre vonatkozik, s ennek mértéke átlagosan 5–40%, de az északkeleti országrészben akár az 50%-ot is elérheti. Csökkenésre számíthatunk a hazai hegyvidéki területeken (Mátra, Bükk, Dunántúli-középhegység), valamint délnyugaton, a Dráva mentén.

További két vizsgált csapadékindeks látható a 8. ábrán. A csapadékindeks, azaz az éves csapadékösszeg és a legalább 1 mm csapadéku napok számának hányadosa a bal oldali térképeken jelenik meg, az egymást követő száraz napok száma, azaz az 1 mm-nél kisebb csapadéku napok egymást követő számának évi maximuma pedig a jobb oldali

8. ábra



A csapadékinintenzitás (balra, az éves csapadékösszeg és a legalább 1 mm csapadékú napok számának hányadosa) és az egymást követő száraz napok (jobbra, az 1 mm-nél kisebb csapadékú napok egymást követő számának évi maximuma) gyakoriságának változása a RegCM regionális éghajlati modell eredményei alapján a 2021–2050-es időszakra, az A1B szcenárió esetén (referencia időszak: 1961–1990)

térképeken. A RegCM szimulációi alapján mind a csapadékinintenzitás, mind az egymás utáni száraz napok száma a jövőben általában nőni fog az ország területén, tehát mindkét tendencia a klíma várható szélsőségesebbé válását jelzi. A csapadékinintenzitás várható

erősödésének mértéke átlagosan 5-10%-os, s nem változik (sőt kis mértékben csökken) az Északi-középhegység és a Dunántúli-középhegység magasabban fekvő térségeiben. Az egymás utáni száraz napok várható növekedése átlagosan 5-15%-os az ország területén,

mely a nyugati és a középső országrészben lesz a legjelentősebb mértékű.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Kutatásainkat támogatta az MTA TKI Alkalmazkodás a klímaváltozáshoz című (2006/TKI/246) programja, a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, az OTKA T-049824, K-78125, K-67626, K-69164

számú pályázata, az NKFP-3A/0082/2004 és az NKFP-6/079/2005 pályázat. További segítséget nyújtott az EU VI. keretprogram CECILIA projektje (GOCE-037005). Köszönet illeti az ICTP Időjárás- és Éghajlat-fizikai Osztály munkatársait (elsősorban *F. Giorgi és E. Coppolát*), hogy a RegCM modell futtatásához szükséges meghajtó feltételeket rendelkezésünkre bocsátották, s az adaptációban is segítségünkre voltak.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

(1) BARTHOLY J. – PONGRÁCZ R. (2005): Néhány extrém éghajlati paraméter globális és a Kárpát-medencére számított tendenciája a XX. században. „AGRO-21” Füzetek, 40. sz., 70-93. pp. (2) BARTHOLY J. – PONGRÁCZ R. (2006): Comparing tendencies of some temperature related extreme indices on global and regional scales. *Időjárás*, 110, 35-48. pp. (3) BARTHOLY J. – PONGRÁCZ R. (2007): Regional analysis of extreme temperature and precipitation indices for the Carpathian Basin from 1946 to 2001. *Global and Planetary Change*, 57, 83-95. pp. (4) BARTHOLY J. – PONGRÁCZ R. – GELYBÓ GY. (2007): Regional climate change expected in Hungary for 2071-2100. *Applied Ecology and Environmental Research*, 5, 1-17. pp. (5) BARTHOLY J. – PONGRÁCZ R. – GELYBÓ GY. – SZABÓ P. (2008): Analysis of expected climate change in the Carpathian basin using the PRUDENCE results. *Időjárás*, 112, 249-264. pp. (6) BARTHOLY J. – PONGRÁCZ R. – TORMA CS. – HUNYADY A. (2006a): A PRECIS regionális klímamodell és adaptálása az ELTE Meteorológiai Tanszékén. In: 31. Meteorológiai Tudományos Napok – Az éghajlat regionális módosulásának objektív becslését megalapozó klímadinamikai kutatások. (Weidinger T., szerk.) Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest. 99-114. pp. (7) BARTHOLY J. – PONGRÁCZ R. – TORMA CS. – HUNYADY A. (2006b): A regionális klímaváltozás becslése a Kárpát-medence térségére. VAHAVA-zárókonferencia. In: A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok. KvVM-MTA „VAHAVA” projekt. (Láng I., Jolánkai M., Csete L., szerk.) CD-ROM. Akaprint, Budapest. 5 p. (8) BARTHOLY J. – PONGRÁCZ R. – TORMA CS. – PIECZKA I. – KARDOS P. – HUNYADY A. (2009a): Analysis of regional climate modelling experiments for the Carpathian Basin. *Int. J. Global Warming*, 1, 238-252. pp. (9) BARTHOLY J. – CSIMA G. – HORÁNYI A. – HUNYADY A. – PIECZKA I. – PONGRÁCZ R. – TORMA CS. – SZÉPSZÓ G. (2009b): Regional climate models for the Carpathian basin: validation and preliminary results for the future. EGU2009-12509. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 11, 12509. CD-ROM. EGU General Assembly 2009 (10) CSIMA G. – HORÁNYI A. (2008): Validation of the ALADIN-Climate regional climate model at the Hungarian Meteorological Service. *Időjárás*, 112, 155–177. pp. (11) DICKINSON, R.E. – ERRICO, R.M. – GIORGI, F. – BATES, G.T. (1989): A regional climate model for the western United States. *Climatic Change*, 15, 383-422. pp. (12) DICKINSON, R. – HENDERSON-SELLERS, A. – KENNEDY, P. (1993): Biosphere-Atmosphere Transfer Scheme (BATS) version 1 as coupled to the NCAR community climate model. NCAR technical note NCAR/TN-387 + STR, 72 p. (13) GIORGI, F. (1989): Two-dimensional simulations of possible mesoscale effects of nuclear war fires. *J. Geophys. Res.*, 94, 1127-1144. pp. (14) GIORGI, F. – MARINUCCI, M.R. – BATES, G.T. (1993a): Development of a second generation regional climate model (RegCM2). Part I: Boundary layer and radiative

transfer processes. *Monthly Weather Review*, 121, 2794-2813. pp. (15) GIORGI, F. – MARINUCCI, M.R. – BATES, G.T. – DECANIO, G. (1993b): Development of a second generation regional climate model (RegCM2). Part II: Convective processes and assimilation of lateral boundary conditions. *Monthly Weather Review*, 121, 2814-2832. pp. (16) GRELL, G. (1993): Prognostic evaluation of assumptions used by cumulus parameterizations. *Monthly Weather Review*, 121, 764-787. pp. (17) HOLTSLAG, A. – DE BRUIJN, E. – PAN, H.-L. (1990): A high resolution air mass transformation model for short-range weather forecasting. *Monthly Weather Review*, 118, 1561-1575. pp. (18) IPCC (2007): *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC*. (S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor, H.L. Miller, szerk.) Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY. 996 p. (<http://www.ipcc.ch>) (19) KIEHL, J. – HACK, J. – BONAN, G.B. – BOVILLE, B. – BRIEGLEB, B. – WILLIAMSON, D. – RASCH, P. (1996): Description of NCAR community climate model (CCM3). NCAR technical note NCAR/TN-420 + STR, 152 p. (20) KLEIN TANK, A.M.G. – KÖNNEN, G.P. (2003): Trends in Indices of Daily Temperature and Precipitation Extremes in Europe, 1946-99. *J. Climate*, 16, 3665-3608. pp. (21) KLEIN TANK, A.M.G. ET AL. (2002): Daily dataset of 20th-century surface air temperature and precipitation series for the European Climate Assessment. *Int. J. Climatol.*, 22, 1441-1453. pp. (22) NAKICENOVIC, N. – SWART, R., (szerk.) (2000): *Emissions Scenarios. A Special Report of IPCC Working Group III*, Cambridge University Press, Cambridge, UK. (23) PAL, J.S. – SMALL, E. – ELTAHIR, E. (2000): Simulation of regionalscale water and energy budgets: representation of subgrid cloud and precipitation processes within RegCM. *J. Geophys. Res.*, 105(29), 567-594. pp. (24) PETERSON, T. – FOLLAND, C.K. – GRUZA, G. – HOGG, W. – MOKSSIT, A. – PLUMMER, N. (2002): Report on the Activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Rapporteurs, 1998-2001. World Meteorological Organisation Rep. WCDMP-47. WMO-TD 1071. Geneva, Switzerland. 143 p. (25) PIECZKA I. – BARTHOLY J. – PONGRÁCZ R. – HUNYADY A. (2009): Climate change scenarios for Hungary based on numerical simulations with a dynamical climate model. *Lecture Notes in Computer Science*. Megjelenés alatt. (26) ROECKNER, E. – BAUML, G. – BONAVENTURA, L. – BROKOPF, R. – ESCH, M. – GIORGETTA, M. – HAGEMANN, S. – KIRCHNER, I. – KORNBLUEH, L. – MANZINI, E. – RHODIN, A. – SCHLESE, U. – SCHULZWEIDA, U. – TOMPKINS, A. (2003): The atmospheric general circulation model ECHAM-5: Model description. MPI Report 349, 140 p., Max-Planck-Institut für Meteorologie (27) SZÉPSZÓ G. – HORÁNYI A. (2008): Transient simulation of the REMO regional climate model and its evaluation over Hungary. *Időjárás*, 112, 213-232. pp. (28) SZÉPSZÓ G. – BARTHOLY J. – CSIMA G. – HORÁNYI A. – HUNYADY A. – PIECZKA I. – PONGRÁCZ R. – TORMA Cs. (2008): Validation of different regional climate models over the Carpathian Basin. EMS8/ECAC7 Abstracts, Vol. 5, EMS2008-A-00645. (29) TORMA Cs. – BARTHOLY J. – PONGRÁCZ R. – BARCZA Z. – COPPOLA E. – GIORGI F. (2008): Adaptation and validation of the RegCM3 climate model for the Carpathian Basin. *Időjárás*, 112, 233-247. pp.

AZ ERDŐK KEDVEZŐTLEN KLÍMAVÁLTOZÁSI HATÁSOKKAL SZEMBENI VÉDELME

SOLYMOS REZSŐ

Kulcsszavak: erdő, klímaváltozás, hatások, kutatási és gyakorlati válaszok.

ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A várható klímaváltozás kedvezőtlen hatásainak a „lehetőségek” kivédésére az erdészeti kutatásnak és gyakorlatnak egyaránt fel kell készülnie. A rendelkezésre álló erőforrásokat nem a kilátástalan vitákra (lesz-e vagy nem klímaváltozás), hanem az egész élővilág védelmét szolgáló témakör kutatására szükséges fordítani!

Az éghajlat és az időjárás különböző tényezőit egymással összefüggésben és egymástól elválasztva célszerű elemezni, mégpedig az erdők faállományának fafaj-összetételére, szerkezetére, valamint az erdei ökoszisztéma egészére vonatkozóan.

A tudományosan igazolt erdőművelési kutatási eredmények alkalmazásával már napjainkban is számottevően javítani lehet a várható klímaváltozás kedvezőtlen hatásait.

Az erdészeti kutatásnak a jelenben és a közeljövőben is az egyik kiemelt feladata a klímaváltozással kapcsolatos kérdések vizsgálata, annak ellenére is, hogy a tudományos bizonytalanságok sorával lehet számolni.

Abban az esetben, ha a klímaváltozás elmaradna(?), vagy az erdőkben nem okozna jelentős károkat, szükséges felkészülni az esetlegesen bekövetkező gondokra.

Támogatni célszerű a témakörben folyó és tervezett kutatásokat, valamint átfogó bővítésüket. Ezek a kutatások az egész élővilágot szolgálják. A kutatási költségek sokszorosan megtérülnek.

Az erdőgazdálkodásban a klímaváltozás miatt is jelentős hangsúlyt kap a természetközeli erdei ökoszisztémák hosszú távú fenntartása, továbbá a kedvezőtlen időjárási hatásokkal szembeni rezisztenciája, valamint a multifunkcionális erdőgazdálkodás és ennek keretében az erdészeti ökológia és az ökonómia harmóniájának a megteremtése.

BEVEZETÉS

Az erdők fenntartása és fejlesztése érdekében végzett emberi beavatkozásokról és ezek hatásairól számos ismerettel rendelkezünk. Ezek többsége csak széles körű és sok esetben hosszú időtávú kutatások eredményeként született. Érthető, ha figyelembe vesszük az erdei ökoszisztémák bonyolultságát és főleg azt, hogy az erdő életébe való

bármilyen beavatkozás különböző hatással van az erdei életközösség valamennyi tényezőjére. Ezért is olyan nagy a szakemberek erkölcsi felelőssége a mindenkori helyes döntések meghozatalakor. A felelősség súlyát tovább növeli az, ha kutatási eredményekkel, gyakorlati tapasztalatokkal már korábban igazolt intézkedések, vagy halaszthatatlan, újabb kutatások elmulasztásáról van szó.

Az erdő életét veszélyeztető biotikus és abiotikus károsítók közé tartozhat a klímaváltozás és a kedvezőtlen időjárás is. Az éghajlati szélsőségek gyakorisága és mértéke következtében az erdők és fának sokasága pusztulhat el. A klimatikus tényezők által okozott károk ismerete közel egyidős az erdők történetével. Az ellenük való védekezés különböző lehetőségeit az erdővédelem régóta alkalmazza a gyakorlatban. Erdőművelésünk és erdővédelmünk legidősebb feladatai közé tartozik az ide vonatkozó kutatások bővítése mellett az eddig bevált védekezési eljárások felülvizsgálata és a megbízható új kutatási eredményekkel együtt való gyakorlati alkalmazása. Ezt szeretném szolgálni a jelen írásban foglaltakkal is.

AZ ERDÉSZETI KUTATÁS KÉRDÉSEI ÉS A KLÍMAVÁLTOZÁS

A klíma szerepe az erdők elterjedése, fajösszetétele, produktivitása és stabilitása szempontjából meghatározó jelentőségű. Az erdő az éghajlat hű tükörképe. Az erdészeti kutatás elsősorban a várható klímaváltozásnak és az időjárásnak az erdőkre, az erdőgazdálkodásra gyakorolt hatását, és csak kisebb mértékben létrejöttének okait vizsgálja. Rendkívül nehéz helyzetben van az, aki e témakörben végzi vizsgálatait, mert erdőterületen folyó üzemi kísérletezésre az éghajlati téma jellege (hosszú időtáv) miatt aligha nyílik elegendő alkalma. A kutatási feladatokat tovább bonyolítja, hogy az előre jelzett klímaváltozás mértékét és „szerkezetét”-t többnyire csak becsülni lehet (?), esetleg valószínűsíthető hipotéziseket megfogalmazni. Modellkísérletekre (például fitotron segítségével) természetesen van lehetőség. Konkrét, átfogó vizsgálatokra azért sincsen mód, mert a klímaváltozásnak csak egyes tényezőit, ezek esetleges hatásait lehet több-kevesebb megbízhatósággal elemezni, a komplex következményeit aligha. A valószínűsíthető klímaváltozás hatásainak átfogó elemzését is a kiemelt céljai közé sorolta a Nyugat-magyar-

országi Egyetem keretében indított, a Társadalmi Megújulás Operatív Programja keretében tervezett „TÁMOP-4.2.2” elnevezésű kutatási projekt. Ettől az átfogó kutatástól várható az eddigieknél is nagyobb előrehaladás az erdő és a klímaváltozás kérdéskörével kapcsolatosan.

A szakértők jelentős részének állásfoglalása szerint a klímaváltozás elsősorban a szélsőséges időjárási eseményekben, hőmérséklet, csapadék és szárazság, hó, zúzmara és jég, vihar stb. mértékében és gyakoriságában mutatkozik meg. Más szakértői véleményekből kitűnik a *tudományos bizonytalanságok* sokasága. A gyakorlati tapasztalatok egyelőre még kellően nem igazolják a klímaváltozás erdőkre gyakorolt „várható” hatásának szokatlan *különlegességét*. Hő- és szélteréssel, döntéssel, fagy és szálykárokkal stb. az elmúlt évszázadban Európában és hazánkban is gyakran találkozunk. Jelenleg a hozzáértők többsége a klímaváltozás bekövetkezése mellett foglal állást és veszélyeire hívja fel a figyelmet. Az erdészetben a klimatikus károk többsége az abiotikus károsítókkal kapcsolatos témák között eddig is szerepelt. Szélsőséges bekövetkezésük lehetőségeit és az ellenük való védekezés módját az erdővédelem kutatása és oktatása folyamatosan napirenden tartja. Az erdővédelem egyébként is nemzetközi összefogással működik, amit többek között igazol a *Nemzetközi Erdővédelmi Mérő és Megfigyelő Hálózat*, amely hazánkban is működik.

Nem lehet vitás, hogy a *hosszabb időtávon várható jelenségek az erdészetben különös figyelmet érdemelnek*. A kutatás feladata, hogy a lehető legmegbízhatóbban jelezze előre a várható biotikus és abiotikus károkat és dolgozza ki az adott időszak ismereteinek legmagasabb színvonalán megelőzésük és megszüntetésük lehetséges módjait. Mindez hosszabb időt igényel. *Ezért is kiemelkedő jelentőségűek azon erdőt károsítók elszaporodását és károsításukat megelőző, valamint megszüntető erdőművelési és erdővédelmi beavatkozások, amelyek hatása tudományosan igazolt, amelyek késedelem*

nélkül alkalmazhatók. Ezen feladatok teljesítése a legsürgősebb tennivalóink közé tartozik.

A jelen időben való, tudományosan megalapozott, azonnali hatékony cselekvés elsőrendű fontosságú az esetleges klímaváltozás feltételezett károsításainak a mérséklése érdekében. Hangsúlyozzuk azt is, hogy az azonnali cselekvés hatása, amely az erdők szerkezetébe, élővilágába való emberi beavatkozást jelenti, sok esetben csak később mutatkozik meg érzékelhetően. Régóta vártam már, hogy ezt a téma szakértői minden eddiginél jobban kihangsúlyozzák. Hangsúlyozni kell azt is, hogy a témakör hosszú időtartamú átfogó kutatásai nélkülözhetetlenek.

Ismételten szeretném kiemelni az NYME több karán 2010-ben a *Társadalmi Megújulás Operatív Program* (TÁMOP) keretében megkezdett, összehangolt, ígéretes kutatásokat. Elismerésre méltó a tény, hogy erre napjaink válságokkal terhes gondjainak közepette sor kerülhetett. *Az egész földkerekséget érintő klíma- és energiakutatások a válság idején sem hagyhatók el, mert elengedhetetlenek ahhoz, hogy kontinensünk, hazánk kezelni tudja a klímaváltozás és a globalizáció kihívásait.* Utalnunk kell arra, hogy három nagy válságcsoporttal kell megküzdenünk, amelyek hatása érdeinkre nézve is meghatározó. Ezek: a klímaváltozás, a nyersanyaghiány és a gazdasági-pénzügyi válság, amelyek hatással vannak az erdők szerkezetére és térfoglalására hazánkban és a Földön egyaránt. Ezek ráirányítják a tudományos és innovációs törekvéseket a klímaváltozáshoz kapcsolódó kutatások legfontosabb témáira is. *Jelen esetben nem azon kell vitatkozni, hogy lesz-e vagy elmarad a klímaváltozás, hanem arra kell törekedni, hogy a téma vizsgálatának támogatása az egész élővilág javát a leghatékonyabban szolgálja. Az időjárás és az élővilág közötti kapcsolatot közismert. Ennek az átfogó problémának a kutatása jelenti igazából a kiemelt mondanivalóját az említett TÁMOP kutatási programnak is.*

ERDEI ÖKOSZISZTÉMA KUTATÁS ÉS A KLÍMAVÁLTOZÁS KEDVEZŐTLEN HATÁSAINAK MÉRSÉKLÉSE

A klímaváltozással kapcsolatos jelen és jövőbeni erdészeti kutatásnak nyilvánvalóan nem csak a faállományra, hanem az *erdei ökoszisztéma egészére* kell kiterjednie. Az erdőt az adott területen élő növények és állatok biocönózisának szükséges tekinteni, amelyben a fito- és a zoocönózis tagjai egymással és környezetükkel biocönotikus konnexusban élnek. Az időjárási szélsőségek az egész erdei ökoszisztémára hatnak, bár az ökoszisztéma alkotói erre nem azonos mértékben reagálnak. Eme komplex felfogás szerint a kutatásnak, a válságkezelésnek ki kell terjednie az egész erdei ökoszisztémára és az erdőbe való emberi beavatkozások különböző hatásaira, amelyet az erdészeti kutatás már hosszú évtizedek óta vizsgál. Ezeknek a vizsgálatoknak, kísérleteknek a *szintézisére*, összehangolására éppen a jelen korban van szükség. Ezek teremtik meg az azonnali cselekvések, erdőművelési beavatkozások tudományos megbízhatóságát. A hazai és nemzetközi erdészeti kutatás gazdag tárházát kínálja ezen beavatkozások szignifikáns eredményeinek.

Halaszthatatlan feladatunk azoknak az erdei ökoszisztéma-kutatási eredményeknek a számbavétele, amelyek gyakorlati megvalósításával a szélsőséges klímahatásokat mérsékelni lehet. Ezek felsorolása külön tanulmány tárgya lehet. Nem szükséges különleges, hanem inkább köztudott dolgokra, szakmai irányelvekre utalnunk, amelyek betartása napjainkban is kötelező. Többek között ide tartozik: a termőhelynek megfelelő fafaj megválasztás, az erdőfelújítás és telepítés módjának helyes alkalmazása, az ültetési hálózat, az erdőültetések ápolása, a nevelővágások erélye, ideje és módja, a helyes faállomány-szerkezet fenntartása stb. Belterjesen művelt és nem magukra hagyott, stabil fák által alkotott faállományokat kell létrehozni és fenntartani, amelyek jobban képesek az időjárási viszonytárságokat is elviselni! Rég-

óta ismert az a törekvés, hogy az erdők faállományának egyes fajt úgy kell nevelni, hogy a szélnek, viharoknak, hóknak képesek legyenek ellenállni. Az éghajlati rezisztencia szerepe mindenkor jelentős volt, amely várhatóan a jövőben tovább növekszik. A XX. század folyamán bekövetkezett viharok hazánkban is igazolták ezt. A sűrűn nevelt faállományok felnyúrgult, önállóan fái először egymásra dőltek és „indították” el legtöbbször a viharok okozta szél- és hőtöréseket. Ezek nyomán az erdőben kidőlt fákkal borított folyosók, vagy egész állományok estek áldozatul az abiotikus károsítóknak.

Az erdőkre ható különböző környezeti ártalmak kutatása szinte az egész világon folyik. Az éghajlat is ide sorolható. Hazai és nemzetközi megfigyelőhálózat jelzi a várható és a bekövetkezett károkat. Nem éri ezért sok esetben váratlanul az erdőgazdaságot a klímaváltozás erdeink egészségi állapotára gyakorolt hatása. Az eddigi tapasztalatok szerint esetenként olyan mértékűek voltak az időjárási, például a viharok, hogy a kidőntött vagy derékba tört fatörzsek hasznosítása okozta a legnagyobb gondot. Nem kétséges, hogy ha bekövetkezik a klímaváltozás, annak számottevő és kedvezőtlen befolyása lehet az erdők fenntartására és fejlesztésére, sőt a károsított faanyag hasznosítására egyaránt. Amint már említettem, a szélsőséges időjárás erdőgazdálkodási, erdővédelmi hatásainak jelentős részével az erdészeti kutatás *eddig is kiemelten foglalkozott*. Elegendő, ha a hó- és a széltörés, továbbá a szárazodás (aszálykár), avagy az árvizek hatását ismételtlen megemlíjük. Ma is tudjuk, hogy az időjárási tényezők a különböző ökológiai adottságok mellett az egyes fafajokra nem azonos mértékben hatnak. A termőhelyi adottságok és a fafajok termőhelyigényének az összehangolása kedvező védekezésként is felfogható a *klímaváltozással szemben*. A faállományoknak a nevelővágásokkal szabályozható törzsszáma (törzsszámtartás) is olyan tényező, amely számottevően mérsékelheti az időjárási viszontagságok által okozott károkat. Jó példa erre az elmúlt fél évszázad fo-

lyamán bekövetkezett viharok, hőtörések sokasága itthon és külföldön egyaránt. Több kísérleti területünk igazolta ezt. A nevelővágások gondossága, erélye vagy elmaradása és a károsodott fák száma (sűrűség és záródás) között szoros az összefüggés. Ezekről a mindennapi életünket kísérő szakmai szempontokról napjainkban alig esik szó.

Nem lehet azonban kellően hangsúlyozni, hogy az erdészeti kutatás ezen témáinak a művelésekor is tekintettel célszerű lenni arra a sokféle tudományos bizonytalanságra, amely a várható klímaváltozás (az éghajlat és az időjárás) egyes tényezőit és erdeinkre gyakorolt hatását illeti. Ez is az ide vonatkozó kutatások jelentőségét és támogatásának indoklását igazolja.

FENNTARTHATÓSÁG – TARTAMOSSÁG – KLÍMAVÁLTOZÁS

Az erdészetben már több évszázada kiemelt célként szerepel a tartamosság, a fenntartható erdőgazdálkodás, amit veszélyeztet a klímaváltozás. Ezért itt újra célszerű kiemelni az erdőművelési beavatkozásokat, amelyek rendkívül kedvező hatásúak lehetnek ezen veszedelmek csökkentésére, elhárítására.

A fenntartható erdőfejlesztést az ökológiai tényezők, míg az erdőgazdálkodást az ökonomiaiak jellemzik. A kettő *harmóniájára ismételtlen utalni szükséges, mert* ezt rendkívül nehéz megteremteni. A gazdasági válság, a fahasznosítási lehetőségek egyaránt nehezítik a helyzetet. Az ökológiai-ökonómiai harmóniáról az esetleges klímaváltozás szélsőséges hatásainak a vizsgálatok alig esik szó, holott rendkívül indokolt a témakör átfogó kutatása, a kutatók ismereteinek bővítése, hogy tudják, valójában mit is szükséges összehangolni. Idő kell ahhoz is, hogy a kutatók ezen a területen szélesebb ismereteket szerezzenek. Ebben a témakörben indokolt hasznosítani az erdészeti genetikai, a mag- és csemetetermelési, erdőfelújítási, erdőnevelési és faállomány-szerkezeti kutatások eddigi

eredményeit és újabb kiegészítő kutatásokat végezni. Az is természetes, hogy az éghajlat és az időjárás közötti összefüggéseket és eltéréseket külön is indokolt vizsgálni. Azt talán nem is szükséges hangsúlyozni, hogy a természetvédelem témaköre valamennyi klímaváltozással kapcsolatos téma kutatásánál jelen kell, hogy legyen.

A KUTATÁSI FELADATOK NEMZETKÖZI MEGOSZTÁSA

Az eddigiekben vázlatosan kifejtett kérdésekből is kitűnik, hogy a klímaváltozás esetleges kedvezőtlen erdészeti hatásainak mérésére *számos olyan kutatási eredmény áll rendelkezésünkre, amelyet haladéktalanul hasznosítani lehet.* Ugyanakkor az egyik *legidősebb* jelenlegi és jövőbeni komplex erdészeti kutatási feladat az éghajlatváltozásnak, a felmelegedésnek vagy a lehűlésnek (stb.) az erdőre gyakorolt hatásait a lehető szélesebb körben kutatni. Nyilvánvaló, hogy az erdő és az üvegházhatású gázok koncentrációja között is szoros az összefüggés, bár ez még korántsem tisztázott. A szenciklus vizsgálata például ma az egyik leggyakoribb nemzetközi kutatási téma. Hazánkban is. Kérdés, hogy miként lehetne ezeket az időszerű kutatási feladatokat EU viszonylatban megosztani. Jelenleg Magyarországon az erdészeti kutatásban több olyan „klíma-erdő téma” kutatása folyik, amelynek alapkutatási jellege lehetővé tenné, hogy gazdagabb országok vállalják ezek költségeit. Ugyanakkor a klímaváltozással is kapcsolatos erdőművelési, faállomány-szerkezeti kutatásokról napjainkban már hallani is alig lehet. A klímával kapcsolatos erdészeti kutatások íróasztal melletti felkarolói fantáziadús hipotézisekkel árasztanak el bennünket anélkül, hogy konkrét erdei (tő melletti, helyszíni) kutatásokkal foglalkoznának. Vannak, akik úgy hasznosítják a külföldi szakirodalmat, tanulmányutakat, hogy ezek eredményeit nem eresztik át a hazai erdészet ökológiai és ökonómiai szűrőjén. Sok esetben keverednek az éghajlat és az időjárás

témái, amely zavarokat támaszthat. Ezek a pillanatnyi időszerűség hasznosítói sokszor vezetnek el a nagyközönséget a „vernei” fantasztikus regények világába. Mindezt azért is hangsúlyoztam, mert az NYME karain indított kutatási projekt (TÁMOP) megvalósítása kiszűrheti a ma még előforduló visszasságokat és kivezetheti az ún. „nagy tudású pillanatnyiakk”-at a labor vagy az íróasztal mellett szült erdők virtuális világából, a hipotézisek sokaságából.

A FÖLD, EURÓPA, MAGYARORSZÁG ERDEI ÉS A KLÍMAVÁLTOZÁS

A Föld és a hazai erdők jövőjének klímaváltozással kapcsolatos vizsgálatakor nem tekinthetünk el az erdők változatosságától (elegyetlen, elegyes erdők, őshonos és nem őshonos fafajok stb.). Figyelembe szükességes venni azt is, hogy a Föld erdeit legalább öt ökológiai zónára indokolt felosztani, ahol a klímaváltozás értékelése és kutatása számottevő különbségekkel folytatható. Elegendő, ha a trópusi, a szubtrópusi, a mérsékelt övi és a boreális zónákra utalok. A zónák közötti eltolódás valószínűsíthető, de ennek mértékét azonban csak „jósolni” lehet. A Földön közel 4 milliárd ha erdő található, melyből 1 milliárd ha borítja Európa területét. Sajnos a világ erdőterülete évente közel 10 millió ha-ral csökken! Nehéz lenne megbecsülni, hogy ebből mekkora terület esik a szegénység által sújtottakra és mekkora a klíma vagy az időjárás által okozottakra. Örömdetes viszont, hogy az új erdőtelepítési kedv az egész Földön növekvő. Az új erdőtelepítések-nél is alapvető követelmény az esetleges klímaváltozásra való felkészülés (például a szárazságot jobban tűrő fafajok felkarolása), kiemelten az erdészeti nemesítés eredményeinek figyelembe vétele.

A magyarországi erdők fafaj-összetétele kedvezőnek mondható. Lombos fafajok erdeink 86%-át, a fenyők 14%-át alkotják. Az őshonos fafajok aránya hazánkban európai viszonylatban is magas, meghaladja az 50%-ot.

Természetesen ez nem jelentheti az őshonosság jelentőségének a legkisebb mértékű csökkentését sem. A klímaváltozás a fajok elterjedésére nagy hatással lehet, bár az egyes fajok alkalmazkodóképessége (pl. erdei fenyő) rendkívül kedvező, másoké jobban behatárolt (pl. bükk). *Az ökológiai adottságok változásával együtt kell átértékelnünk az őshonosság kérdéskörét és a meghonosított fajok jövőbeni szerepét.* Gondolok itt főleg a 20%-os részarányt meghaladó akácra. Öröndetes viszont, hogy erdeink jelentős része elegyes erdő, legértékesebbek közül kiemelem a gyertyános-tölgyes bükkösöket, a gyertyános tölgyeseket, amelyek felújításakor elsősorban a talaj termőréteg-vastagságának és az időjárásnak van meghatározó szerepe. Természetesen ez a többi célállományra is érvényes.

Meglevő, kedvező fajaj-összetételű erdők felújítását változatlanul természetes úton, magról helyes végezni mindenütt, ahol ez eredményre vezet. Az eddigieknél is alaposabb újulat, fiatalos ápolást, nevelést kell végezni mind a fajaj-összetétel, mind pedig a fenntartandó törzsszám tekintetében. Ez a fenntartható faállomány-gazdálkodás megalapozója, amelynek a figyelmen kívül hagyása lehet a klímaváltozás és az időjárás okozta károk egyik legsúlyosabb forrása. Jelentős veszély forrása lehet, ha nagy területen tudományosan kellően meg nem alapozott eljárásokat alkalmazunk. Ugyanakkor szükségés újabb és újabb eljárásokkal kisebb területen kísérletezni. Az ilyen témájú kísérleteket támogatni érdemes nem csak a kutatóhelyeken, hanem a gyakorlatban is. A tartam (hosszúlejárátú) kísérletek már nem csak az éves időjárásra, hanem a hosszú távú éghajlat-változásra vonatkozóan is szolgálnak kellő színvonalú eligazítást.

A FÁK NÖVEKEDÉSE, A FATERMÉS ÉS A KLÍMAVÁLTOZÁS

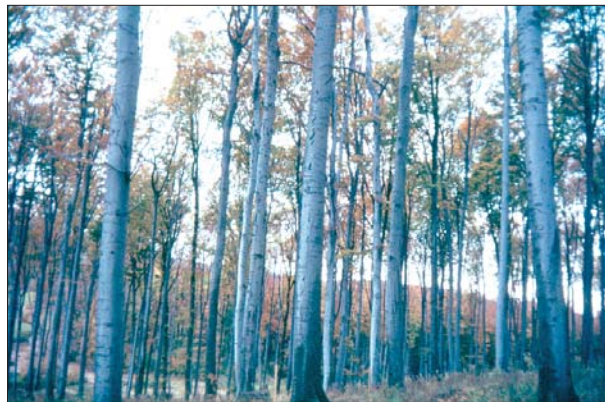
A klímaváltozás káros hatásainak veszélye arra is figyelmeztet, hogy az eddigieknél nagyobb kapacitással szükséges és érde-

mes erdeink növekedését, fatermését kutatni. A fatermési kutatás gazdag tárháza áll hazai viszonylatban is a rendelkezésünkre. Ezek alapadatait, jellemző grafikonjait célszerű az esetleges klímaváltozás hatásainak a mérés-kor kiindulópontnak tekinteni. Segítségükkel a növedék gyorsulására avagy csökkenésére bizonyító adatok nyerhetők. Nem lenne azonban helyes, ha a növekedési, fatermési grafikonok éves adataiból döntő megállapításokat vonnánk le, mert ezek az adott kísérleti területre vonatkozóan a legtöbb esetben az éves időjárás hatásait tükrözik vissza. A témakörben végzett kísérletek közé tartoznak az *Erdészeti Tudományos Intézet* keretében folytatott faállomány-szerkezeti és erdőnevelési kísérletek is. Ezek az összeomlás előtt állanak. Itt az ideje annak, hogy a klímaváltozást is figyelembe vevő fatermési, fanövedéki összehasonlító kísérleteket, értékeléseket végezzünk. Kevesen tudják például azt, hogy a nálunk jelentős tölgyek, a bükk, a fenyők összes fatermése, faállomány-szerkezeti tényezői a különböző fatermési osztályokban egymáshoz viszonyítva miként alakulnak. A témával kapcsolatos grafikonok egy évszázadra nyújtanak tájékoztatást, és megalapozottabbá teszik a klímaváltozás hatásainak m³-ben mérhető mértékét is. Ezek már hosszabb távra alkalmasak lehetnek a klímaváltozást illető kutatási célokra is. Normatív jelleggel lehet alkalmazni ezeket a kísérleti területeket az egyes fajok növtér igényének a meghatározására is. Az ide vonatkozó vizsgálataink a hó- és a széltörésre-döntésre vonatkozó állásfoglalásaink kialakítását tették megalapozottabbá az időjárási szélsőségek vonatkozásában is.

Kérdéses lehet, hogy vajon a klímaváltozáshoz tartozhatnak-e a fakitermelés lehetőségeit és módját kutató vizsgálatok. A közvélemény ebben még kellően nem tájékozott. Az utóbbi évtizedekben nem termeltük ki hazánkban a lehetséges és biológiai szempontból is indokolt famennyiséget. A fa egy bizonyos kor, sok esetben akár száz éves kor után az adott termőhelyen vágásra érik. A vágásra érett fát a jövőben is ki kell termel-

ni és az öreg erdőt lehetőleg természetes úton felújítani. A hosszú termelési ciklus alatt az induláskor 10 000 db/ha-t is meghaladó csemeteszám mintegy 200 db/ha körülire csökkenthető a nevelővágásokkal. Ezzel javul a fa minősége, növekszik az erdő sokoldalú haszna és a faállománynak az abiotikus károsítókkal, *a kedvezőtlen időjárással* szembeni rezisztenciája is. Szakszerű erdőműve-

lés és erdőhasználat esetén tehát a helyesen megállapított famennyiség kitermelése nem csak jövedelmezőségi, hanem erdőfenntartási (-megőrzési), ha úgy tetszik erdővédelmi (-egészségi) feladat is. A fanövedék és a fatermés összehasonlításából kitűnik, hogy Európában is javítani kell a fakitermelési problémákon. Ez az utóbbi években gyors változáson megy át.



Őshonos, túltartott 110 éves bükkös a Bakonyban



**Természetes, természetközeli
10 éves bükkújulat Zemplénben**



**Természetes felújításra előkészített
80 éves bükkös
a Zempléni-hegységben**



**Tartamkísérletek egy írótt-kői bükkös
termőhelyre telepített 70 éves,
magas hozamú lucfenyő-állományban**



**Vadászati célú magasles segíti a vadállomány
kellő szinten tartását az Őrségben**



**Felhagyott mezőgazdasági terület
hasznosítása erdei fenyővel
Szentgotthárd határában,
30 éves magas hozamú feketefenyő-állomány**

A MÁJUSI ORGONA (SYRINGA VULGARIS L.) FEJLŐDÉSÉNEK FENOLÓGIAI ÉS BIOKLIMATOLÓGIAI ELEMZÉSE

VARGA ZOLTÁN – VARGA-HASZONITS ZOLTÁN –
ENZSÖLNÉ GERENCSÉR ERZSÉBET – LANTOS ZSUZSANNA – MILICS GÁBOR

Kulcsszavak: orgona, fenológia, sugárzás, hőmérséklet, éghajlatváltozás.

ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

E dolgozat egy vizsgálatssorozat részeként jelenik meg, melyben négy vadon termő növény (akác, bodza, hárs és orgona) éghajlat-változási indikátornövényként való alkalmazhatóságát vizsgáltuk. Úgy találtuk, hogy az akác és a bodza fenológiai adataiban inkább kimutathatók a XX. század végi hőmérséklet-emelkedés hatásai, mint a hárs vagy az orgona esetében. Az orgonánál, tendenciaszerűen, főként a fenológiai jelenségek korábbi bekövetkezése volt kimutatható. Megállapítottuk, hogy az orgona vegetációs időszaka alatti termikus viszonyok területi eloszlásának alakulásában a virágzás utáni időszak döntő jelentőségű. Vizsgáltuk a fontosabb sugárzási és hőmérsékleti elemeknek az orgona fejlődésére gyakorolt hatását, s úgy találtuk, hogy az elemek közül főként a hőmérsékleti összeg és a sugárzási összeg segítségével jól nyomon követhető a növény fejlődése. Az együttes hőmérsékleti és sugárzási hatást kifejező radiotermikus index szinte determinisztikusan meghatározta az orgona fejlődési időtartamát és fejlődési ütemét, ezért akár e vadon termő növény fejlődésének modellezésében is felhasználható.

BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Az éghajlat-ingadozás jelenlegi, számos bizonytalansággal terhelt szakaszában különböző élő szervezetek – s nem kizárólag a leginkább vizsgált gazdasági növények – fenológiai és kapcsolt bioklimatológiai elemzése segítségével információkat gyűjthetünk hazánk éghajlati rendszerének változékonyságáról és hatásairól. Az ország nagy részét lefedő állomáshálózat több mint egy évtizedes (májusi) orgona fenológiai adatai és az azokkal társítható termikus meteorológiai adatok felhasználásával elemeztük

– az orgona fenológiai jelenségeiben megnyilvánuló törvényszerűségeket, területi és időbeli anomáliákat;

– az orgona különböző fenofázisai alatti termikus meteorológiai viszonyok statisztikai jellemzőit és változási tendenciáit;

– a termikus elemek és indexek hatását az orgona fázistartamaira és fejlődési ütemeire.

Eredményeink adalékot jelenthetnek az éghajlatváltozással kapcsolatos komplex jelenségkör vizsgálatához, és – különösen a radiotermikus indexszel kapcsolatos eredmények – segíthetnek az orgona fejlődésének numerikus előrejelzésében.

Egy esetleges éghajlatváltozás hatása a teljes bioszféra, a legkülönbözőbb fejlettségű és rendszertani besorolású szervezeteket érinti. A hatások jellege és mértéke fajokként jelentősen eltérhet, de ez a komplex és globális érintettség lehetőséget nyújt arra, hogy az éghajlat-ingadozás jelenlegi,

számos bizonytalansággal terhelt szakaszában különböző élő szervezetek – s nem kizárólag a leginkább vizsgált gazdasági növények – fenológiai vagy bioklimatológiai elemzése segítségével információkat gyűjtünk az éghajlati rendszer változékonyságáról és hatásairól. Egy viszonylag kevésbé vizsgált terület a vadon termő, fás szárú növényekre gyakorolt éghajlati hatás számszerűsítése. Az ezek által biztosított információk közvetve is rendkívül hasznosak lehetnek. *Mezeyova és Siska (2006)* például almafajták és orgona fenológiai adatai közötti összefüggéseket vizsgálva az almafajták fejlődésének – a ténylegesen rendelkezésre álló adatok által biztosítottnál részletesebb – területi elemzését tudták elkészíteni.

A várható éghajlati hatások tekintetében is vannak figyelembe vehető analógiák. *Sukopp és Wurzel (2000)* szerint mivel az európai nagyvárosok vegetációja jól dokumentált, és a hőmérséklet-emelkedési tendencia jellemzője e területeknek, ezért a belvárosi körzetek mikroklimatikus viszonyai (alacsony légnedvesség, magas léghőmérséklet) alkalmasak a globális felmelegedés szimulációjára. Számos faj, köztük az orgona hőmérséklet-emelkedésre adott reakciója válik így tanulmányozhatóvá, szem előtt tartva, hogy a körülmények sok tekintetben eltérnek a természetes termőhelyi viszonyoktól.

Xu et al. (2004) a hőmérséklet, a sugárzás és a csapadék hatását vizsgálták az orgona virágzásának kezdetére. A hőmérséklet befolyása volt a legerősebb. A termikus elemek értékének növekedése gyorsította, a leggyengébb összefüggést mutató csapadék növekedése lassította a fejlődést. A tél végi–tavaszi, a virágzást megelőző 20–80 napos időszak hőmérséklete volt a leginkább meghatározó. *Lu et al. (2006)* elemzései is azt mutatták, hogy a virágzás az azt közvetlenül megelőző időszak átlaghőmérsékleteire a legérzékenyebb. A hőmérsékleti viszonyok módosulása a XX. század második felében erőteljesebben jelentkezett a téli és kora tavaszi időszakban, mint késő tavasszal és kora nyáron, ezért nagyobb változásokat tudtak kimutatni a koráb-

ban virágzó fajoknál. Az orgona évtizedenként 1,5–2 nappal virágzott korábban.

A légköri viszonyok a hőmérséklet alakítása révén szintén befolyásolói a növényfejlődésnek (*Aasa et al., 2004*). A nyugatias áramlatok hatása Közép- és Kelet-Európában az orgona lombosodására és virágzására a téli félévben erősebb, s a tavasz előrehaladtával gyengül.

Chmielewski et al. (2005) kutatásai alapján a fás szárú évelők várhatóan a tavaszi és a nyári fenofázisaikkal reagálnak a legérzékenyebben az éghajlati viszonyok változásaira, s különösen a korábbi tavaszi lombosodás és virágzás valószínűsíthető. 2050-re a szerzők a fenofázisok akár több héttel korábbi bekövetkezését is elképzelhetőnek tartják. Ezzel egybecsengenek *Ahas et al. (2002)* egész Európát átfogó vizsgálatai, melyek szerint nyugat- és közép-európai területeken az orgona tavaszi fenofázisai évtizedenként 1–3 nappal jelentkeztek korábban a XX. század második felében. *Ahas (1999)* észlelt megfigyelései az északkeleti területekre vonatkozóan is ezt a tendenciát támasztják alá. *Menzel et al. (2005)* német adatok alapján úgy találták, hogy 1 °C-os melegedés 2,5–7 nappal hozza előbbre a vadon termő növények – köztük az orgona – virágzását. Magasabb hőmérsékletek esetén a változás erősebb hatással bírt a fejlődésre. A hőmérsékleti hatás a XX. század folyamán nem változott, ami nem utal adaptációs folyamatra.

Észak-amerikai kutatók is hasonló eredményekre jutottak. *Vasseur et al. (2001)* 1892–1923-as és 1996–1998-as virágzási adatokat hasonlított össze. Eredményei szerint az orgona virágzása szignifikánsan korábbra tolódott. *Wolfe et al. (2005)* az USA északkeleti részéről származó adatok alapján úgy találták, hogy az orgona lombosodásának, illetve virágzásának kezdete 1965 és 2001 között 2–8 nappal tolódott előbbre az emelkedő hőmérsékletek hatására. Ezzel megegyezően *Schwartz és Reiter (2000)* 1959 és 1993 között az orgona 5–6 nappal korábbi virágzását észlelték. Ennek oka a főként az USA északi részén detektálható melegedés, ugyanak-

kor az USA középső területein lehűlés volt megfigyelhető.

Az őszi fenofázisok kisebb változásai miatt *Chmielewski et al. (2005)* a vegetációs időszak meghosszabbodását valószínűsítik. Más környezeti (meteorológiai) hatások is befolyásolhatják a képet. Például ha nagyobb aszálygyakoriság is jelentkezik, akkor a lomb elszíneződése s lehullása szintén több héttel korábban jelentkezhet, így a vegetációs periódus nem meghosszabbodik, csupán előbbre tolódik.

Ennél drasztikusabb változások csak hosszabb idő alatt mennek végbe, köszönhetően e fajok több évtizedes élettartamának. *He et al. (2005)* vizsgálatai szerint a felmelegedés fás szárú vegetációra gyakorolt hatásai az elterjedési terület szegélyén jelentkeznek a legnyilvánvalóbban. Ilyen szempontból is érdekes lehet elemezni e mediterrán származású növény fenológiai adataiban fellelhető anomáliákat.

AZ ANYAG ÉS MÓDSZER

Az orgonafejlődés bioklimatológiai jellemzőinek vizsgálatához a Nyugat-magyarországi Egyetem mosonmagyaróvári Mezőgazdaság- és Élelmiszer tudományi Karának agroklimatológiai adatbankját használtuk fel. Az adatbank az *Országos Meteorológiai Szolgálat* meteorológiai megfigyelőhálózata és az *Országos Fajtaminősítő Intézet* – a mai *Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal* – fenológiai megfigyelőhálózata által mért meteorológiai és fenológiai adatokat tartalmazza.

Az elemzés az 1984 és 1997 közötti 14 esztendő 9 állomáson (Badacsony, Eger, Kaposvár, Mosonmagyaróvár, Pápa, Romhány, Sopron, Szeged, Tiszaróff) észlelt fenológiai adataira és a hozzájuk rendelhető azonos vagy szomszéd megvételből származó, hasonló természetföldrajzi adottságok mellett gyűjtött (a fenológiai állomások fenti sorrendjének megfelelően a meteorológiai adatok származási helyei: Zalaegerszeg, Kompolt, Iregszemcse, Mosonmagyaróvár, Győr, Mis-

kolc, Szombathely, Szeged, Szolnok), mért és számított napi termikus meteorológiai adatokra épül. A növények fejlődésével az adott időszak átlaghőmérsékletét, pozitív hőmérsékleti összegét, napfénytartamösszegét és globálsugárzás-összegét – illetve a később bemutatandó indexeket – hoztuk összefüggésbe.

Az egyes fenológiai időpontok naptári dátumait az év napjainak a sorszámmá alakítottuk oly módon, hogy a napok sorszámozását minden esetben január 1-től kezdtük, és folyamatosan sorszámoztuk az év végéig, azaz normál évben december 31. az év 365. napja, szökőévben pedig a 366. napja lett. Ez lehetővé tette, hogy a fenofázisok dátumai segítségével meghatározzuk a fázistartam hosszát, s ennek a meteorológiai elemekkel való kapcsolatát elemezzük:

$$n = F_2 - F_1 = f(m_1, m_2, \dots, m_k) \quad (1)$$

ahol n a fázistartam hossza napokban, F_1 és F_2 pedig az egymás utáni fenofázisok bekövetkezésének az időpontjai, az m_1, m_2, \dots, m_k pedig az egyes meteorológiai elemeket jelölik.

A fenofázis tartamából az átlagos fejlődési ütemet úgy számíthatjuk, hogy az n nappól álló fázistartam egy napra eső hányadát ($1/n$) vesszük, ugyanis ha ezt n napon át összegezzük, abban az esetben:

$$\Sigma \frac{1}{n} = \left(\frac{1}{n}\right)_1 + \left(\frac{1}{n}\right)_2 + \dots + \left(\frac{1}{n}\right)_n = n \frac{1}{n} = 1 \quad (2)$$

és akkor bekövetkezik az újabb fenofázis. Ezt a napi átlagos fejlődési ütemet ugyancsak összefüggésbe lehet hozni a meteorológiai elemekkel, azaz

$$\frac{1}{n} = f(m_1, m_2, \dots, m_k) \quad (3)$$

Az (1) és (3) egyenletbe foglalt meteorológiai hatásfüggvényeket először egyetlen elem alapján határoztuk meg, majd a legerősebb összefüggést mutató elemeket indexként egybe foglaltuk. A használt indexek (fototermikus index, radiotermikus index) bemutatása az Eredmények fejezetben történik.

A matematikai-statisztikai elemzésekhez Excel 2003 és Statistica 6.0 szoftvereket, a területi változékonyságot megjelenítő térképek megrajzolásához pedig ArcView 9.1 szoftvert használtunk.

AZ EREDMÉNYEK

Az orgona fenofázisainak statisztikai jellemzői

Az 1. táblázat az orgona fenológiai jelenségeinek legkorábbi, átlagos és legkésőbbi bekövetkezési időpontját, illetve a fenológiai fázisok legrövidebb, átlagos és leghosszabb tartamát mutatja be állomásonként az 1984–1997-es időszak adatai alapján.

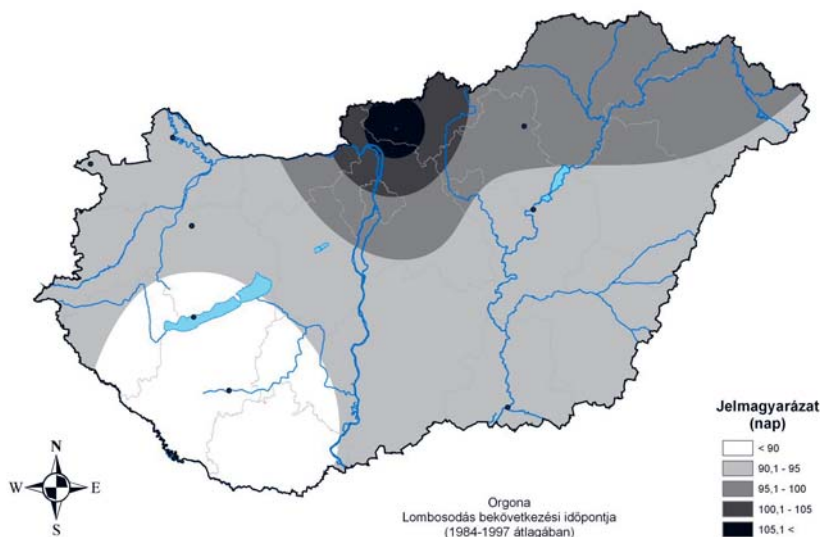
A lombosodás átlagosan három héten belül következik be az egész országban; a

Dunántúl középső és déli részén, valamint az Alföldön március végén–április elején, míg az északi, északkeleti országrészben április közepén várható legvalószínűbben a lombosodás kezdete. E fenofázis bekövetkezési idejének a földrajzi szélességtől (és ezáltal a hőmérséklettől) való függését jól szemlélteti az 1. térkép. Az állomások viszonylag kis száma miatt természetesen csak jelzésértékűek a térképen bemutatott anomáliák, s az állomásszámhoz képest nagyszámú alkalmazott fenológiai kategória is mindösszesen a különbségek még jobb kihangsúlyozásának célját szolgálja. A térképről leolvasható területi elrendeződés egybecseng *Chmielewski et al. (2005)* megállapításával a fás szárú évelők lombosodásának fokozott hőmérsékleti érzékenységről. Az orgona levélképződése legkorábban február végén, legkésőbb április végén várható a vizsgált időszak adatai

1. táblázat
Az orgona fenológiai jelenségeinek és fázistartamainak statisztikája (1984–1997)

Állomás	Fenológiai jelenség bekövetkezési időpontjának sorszáma								
	Lombosodás			Virágzás kezdete			Lombhullás		
	<i>min</i>	<i>átl.</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>átl.</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>átl.</i>	<i>max</i>
Badacsony	71	88	104	95	116	128	302	309	320
Eger	79	100	111	99	116	130	276	290	318
Kaposvár	59	86	108	91	114	131	286	300	311
Mosonmagyaróvár	72	94	108	99	114	125	288	302	323
Pápa	54	91	108	103	119	131	292	306	313
Romhány	85	107	118	107	122	127	278	293	317
Sopron	69	95	111	92	117	128	295	311	327
Szeged	73	90	104	94	117	157	275	288	303
Tiszaroff	73	90	110	93	119	138	292	306	322
Állomás	Fázistartam								
	Lomb.–virágzás kezd.			Virágz. kezd. – lombhull.			Vegetációs periódus		
	<i>min</i>	<i>átl.</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>átl.</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>átl.</i>	<i>max</i>
Badacsony	19	28	46	175	192	211	199	221	235
Eger	10	16	24	151	174	196	171	190	211
Kaposvár	13	29	46	165	185	199	188	214	245
Mosonmagyaróvár	11	21	29	172	187	203	185	208	230
Pápa	17	27	60	167	187	203	187	215	249
Romhány	9	15	28	160	171	190	169	186	202
Sopron	10	22	37	167	194	217	194	217	240
Szeged	15	27	61	132	172	189	183	198	215
Tiszaroff	20	29	45	155	188	208	183	217	238

1. térkép



Az orgona lombosodás átlagos kezdőnapjának sorszáma (1984–1997)

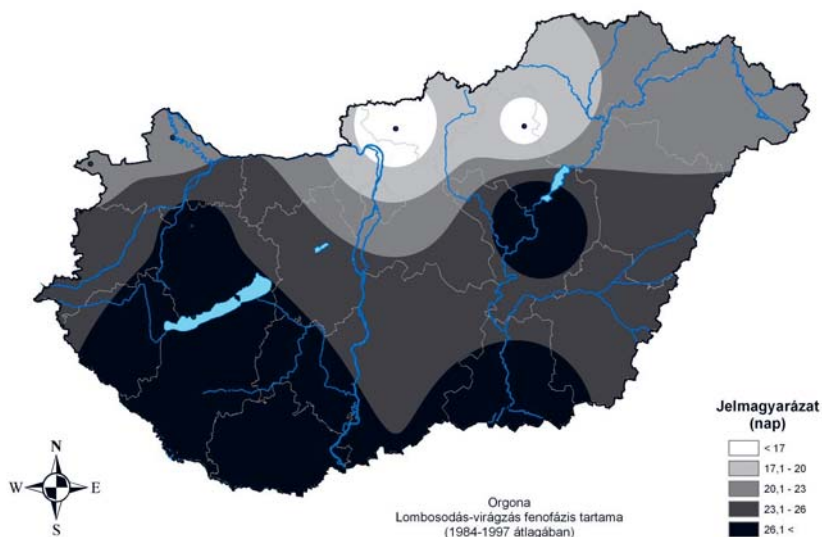
alapján. Tendenciaszerűen e statisztikai jellemzőkben is kimutathatók a földrajzi fekvés által kiváltott fenológiai különbségek – a déli területeket korábbi, az északiakat későbbi lombosodási dátumok jellemzik e tekintetben is.

A virágzás átlagos kezdési időpontja országosan nem egészen 10 napos különbségeket mutat; április végétől május elejéig számíthatunk egy átlagos évben ennek bekövetkeztére. Előfordult viszont a XX. század végén olyan év is, amikor már április elsején, s olyan is, amikor csak július elején kezdődött meg a virágzás. E fenológiai jelenség tekintetében kevésbé mutatható ki szabályos területi eloszlás. A lombhullás átlagosan október közepétől november elejéig várható – több mint három hetes az országon belüli területi eltérés, de október elejétől november végéig van esély az előfordulására. E fenológiai jelenség bekövetkezési időpontjaiban is meglehetősen nehéz valamilyen szabályszerűséget felismerni.

A fenológiai jelenségek bekövetkezési időpontjának következményeként, amint az az 1. táblázat alsó felének utolsó oszlopaiban látható, az orgona lombosodástól lombhullásig terjedő aktív időszaka az ország középső és déli megyéiben hosszabb, az északi hűvösebb vidékeken pedig a legrövidebb. A különbség sokévi átlagban az 1 hónapot is meghaladhatja: az orgona aktív időszaka átlagosan 6-7 hónapig tart, de Nógrádban előfordult alig 5,5 hónapos, míg a Dunántúlon 8 hónapot meghaladó vegetációs időszak is. A tenyészidőszak virágzásig terjedő első fele átlagosan 0,5-1 hónapos (15-29 nap), a virágzással kezdődő második szakasz pedig általában 6 hónap körüli (171-194 nap) hosszúságú, a teljes vegetációs periódust is jellemző területi anomáliákkal, azaz alapvetően észak-déli irányú elrendeződéssel (2. térkép).

Vizsgáltuk az orgona fenológiai jelenségek bekövetkezési dátumainak és fázistartamainak tendenciózus, az éghajlatváltozással összefüggésbe hozható lineáris megváltozá-

2. térkép



Az orgona lombosodás–virágzás fenofázisának átlagos hossza (nap, 1984–1997)

sát (korábbi vagy későbbi időpontra tolódását, illetve rövidülését vagy hosszabbá válását) is. A 9 megfigyelőhely állomásonkénti 6 (lombosodás, virágzás, lombhullás időpontja, illetve a lombosodás–virágzás, virágzás–lombhullás és a vegetációs periódus hossza), mindösszesen 54 jellemzőjét elemezve csak Badacsony, Mosonmagyaróvár és Szeged adatai alapján tudunk összesen hat közepesen vagy gyengén szignifikáns összefüggést kimutatni. A fenológiai jelenségek bekövetkezését tekintve az orgona Badacsonyban és Szegeden 1984 és 1997 között 5%-os szignifikanciaszinten igazolhatóan – évenként 1,5 nappal – korábban lombosodott, míg Mosonmagyaróváron a lombhullás ideje tolódott előre – hasonló mértékben és szignifikanciával. A fázistartamok vonatkozásában – a korábbi lombosodásnak is köszönhetően – Badacsonyban 10%-os szignifikanciával a lombosodás–virágzás fenofázis, ugyanott 5%-os szignifikanciával a vegetációs periódus, s Szegeden 2%-os szinten szintén a tenyészidő-

szak hosszabbodását tudtuk igazolni. A változás mértéke évenként 1-1,5 nap körül mozog. Az 54-ből mindössze 6 gyengén vagy közepesen szignifikáns összefüggés nem látszik alátámasztani egy esetleges hőmérséklet-változási trend – az annak következményeként megváltozó – orgona fenológiai adatok segítségével való kimutathatóságát a XX. század utolsó két évtizedében.

Az orgona fenológiai fázistartamait jellemző termikus meteorológiai viszonyok

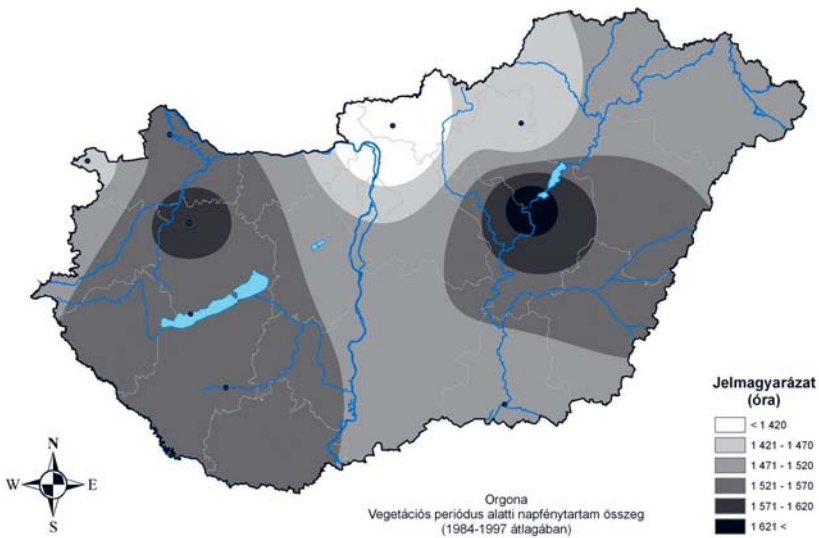
A 2. táblázat az orgona fenológiai szakaszait jellemző termikus viszonyok átlagos és szélsőséges alakulását mutatja be. Az orgona vegetációs periódusának átlaghőmérséklete 15,0–17,1 °C között van, s a területi eloszlást észak-dunántúli minimum, szegedi maximum és délkeletről északnyugat felé haladva csökkenő értékek jellemzik. A vizsgált 14 év során észleltek 13,7 °C-os, de 18,4 °C-os

2. táblázat

Az orgona fenológiai fázistartamait jellemző meteorológiai értékek statisztikája (1984–1997)

Lombosodás–virágzás kezdete												
Állomás	Átlaghőm. (°C)			Hőm.összeg (foknap)			Napf.tart. össz. (óra)			Glob.sug. össz. (MJ/m ²)		
	min	átl.	max	min	átl.	max	min	átl.	max	min	átl.	max
Badacsony	6,0	9,5	11,9	199	257	297	121	162	261	285	403	633
Eger	7,9	11,1	15,9	102	177	252	52	104	187	158	251	417
Kaposvár	7,8	9,9	16,2	123	273	390	69	156	249	192	389	559
Mosonmagyaróvár	7,6	10,1	13,3	146	202	258	82	130	192	188	305	429
Pápa	6,9	10,7	16,0	176	277	415	133	178	298	302	415	701
Romhány	9,4	12,5	16,1	137	176	263	63	97	120	157	238	340
Sopron	8,0	10,2	15,5	127	220	315	62	131	183	159	325	455
Szeged	6,9	10,0	14,4	144	273	878	83	154	434	219	391	1093
Tiszaroff	9,2	11,6	16,7	208	325	422	127	184	240	270	441	599
Virágzás kezdete – lombhullás kezdete												
Állomás	Átlaghőm. (°C)			Hőm.összeg (foknap)			Napf.tart. össz. (óra)			Glob.sug. össz. (MJ/m ²)		
	min	átl.	max	min	átl.	max	min	átl.	max	min	átl.	max
Badacsony	14,9	15,9	17,0	2736	3054	3400	1117	1359	1539	2783	3195	3572
Eger	15,6	17,5	18,9	2737	3042	3321	1098	1323	1454	2729	3078	3303
Kaposvár	16,1	16,9	17,8	2832	3124	3425	1140	1380	1518	2778	3204	3434
Mosonmagyaróvár	14,7	16,4	18,4	2913	3069	3313	1153	1399	1600	2879	3207	3563
Pápa	16,0	16,6	17,7	2776	3117	3452	1212	1435	1660	2882	3228	3626
Romhány	15,7	17,1	19,0	2759	2923	3245	1042	1237	1414	2681	2924	3210
Sopron	14,4	15,7	16,9	2795	3050	3288	1151	1309	1527	2857	3119	3576
Szeged	16,9	18,1	19,6	2388	3110	3458	1136	1347	1460	2487	3129	3373
Tiszaroff	16,3	17,4	18,3	2784	3252	3673	1271	1464	1690	2824	3276	3729
Vegetációs periódus												
Állomás	Átlaghőm. (°C)			Hőm.összeg (foknap)			Napf.tart. össz. (óra)			Glob.sug. össz. (MJ/m ²)		
	min	átl.	max	min	átl.	max	min	átl.	max	min	átl.	max
Badacsony	13,7	15,0	16,1	3000	3311	3598	1278	1521	1698	3181	3598	3894
Eger	15,2	17,0	18,2	2940	3219	3524	1169	1426	1551	2949	3329	3580
Kaposvár	15,0	15,9	17,0	3072	3397	3815	1315	1536	1672	3192	3594	3902
Mosonmagyaróvár	14,4	15,8	17,4	3088	3271	3554	1259	1529	1743	3148	3513	3886
Pápa	14,4	15,8	16,9	2994	3393	3676	1357	1612	1843	3224	3642	4026
Romhány	15,6	16,7	18,4	2944	3099	3439	1156	1334	1518	2913	3161	3488
Sopron	14,0	15,1	16,2	3017	3270	3569	1246	1440	1666	3133	3444	3863
Szeged	15,7	17,1	18,2	3131	3383	3602	1336	1500	1617	3235	3520	3724
Tiszaroff	15,0	16,6	17,8	3195	3577	3970	1483	1648	1824	3344	3717	4031

3. térkép



Az orgona vegetációs periódusának napfénytartamösszege (óra, 1984–1997)

átlaghőmérsékletű vegetációs periódust is. Ez utóbbi – romhányi – szélsőérték, hasonlóképpen az északkelet-magyarországi sokéves tenyészidőszaki átlaghőmérsékletek viszonylag magasabb értékeihez, döntően annak tulajdonítható, hogy Nógrád megyében a hűvös idő jelentősen lerövidíti az aktív vegetációs időszakot, amely ilyen módon az év melegebb periódusára tolódik el. Ezt támasztja alá az is, hogy a tenyészidőszak hőmérsékleti összegének minimuma 3099 foknapos értékkel pontosan ezen a területen található, a legmagasabb vegetációs periódus alatti hőmérsékletiösszeg-értékek (Tiszaroff 3577, Kaposvár 3397 és Pápa 3393 foknap) pedig zömében a leghosszabb vegetációs periódusok esetén adódtak.

A vegetációs periódusbeli összeg jellegű sugárzási elemeknél is hasonló területi eloszlás rajzolódik ki: a minimum (napfénytartamösszeg: 1334 óra, globálsugárzás-összeg: 3161 MJ/m²) Romhányhoz köthető, a maximum (napfénytartamösszeg: 1648 óra, globálsugárzás-összeg: 3717 MJ/m²) pedig

Tiszaroffhoz, ahogy ez a 2. táblázat alsó harmadából leolvasható. Az összegszerű meteorológiai elemek magasabb értékeiben a hosszabb vegetációs periódus hatása mellett elhanyagolható a déli fekvés befolyása; ezt jól mutatják a viszonylag alacsony szegedi értékek (3. térkép). A térkép által bemutatott kép az állomások kis száma miatt természetesen ebben az esetben is vázlatyszerű. Országos összehasonlításban a termikus meteorológiai elemek területi ingadozása – akár ezen elemek átlagos, akár szélső értékeit tekintjük – viszonylag alacsony, $\pm 15\%$ -on belül marad az átlaghoz képest, mind a vegetációs periódus egészében, mind a virágzás–lombhullás időszakban. A kezdeti fejlődés időszakában viszont jelentősebb területi ingadozások tapasztalhatók.

Az egész vegetációs periódust jellemző meteorológiai értékek esetén tapasztalt összefüggések és területi anomáliák meglehetősen hasonlóan alakulnak a virágzás kezdeté–lombhullás vegetációs részidőszakra is (2. táblázat középső harmada), ami nem meg-

3. táblázat

Az orgona fenológiai fázisai alatti meteorológiai viszonyok megváltozása az 1984–1997 közötti időszakban – szignifikáns lineáris összefüggésvizsgálatok listája

Szignifikancia-szint (%)	Állomás	Fenológiai fázis	Meteorológiai elem	Változás iránya	Változás mértéke
2	Szeged	lombosodás-virágzás	átlaghőmérséklet	csökkenés	3,4 °C/10 év
5	Mosonmagyaróvár	virágzás-lombhullás	átlaghőmérséklet	emelkedés	1,3 °C/10 év
5	Pápa	lombosodás-virágzás	hőmérsékleti összeg	emelkedés	79 foknap/10 év
10	Badacsony	lombosodás-virágzás	átlaghőmérséklet	csökkenés	2,1 °C/10 év
10	Badacsony	vegetációs periódus	globálisugárzás-összeg	emelkedés	240 MJ/m ² /10 év
10	Eger	virágzás-lombhullás	átlaghőmérséklet	emelkedés	1,2 °C/10 év
10	Eger	vegetációs periódus	átlaghőmérséklet	emelkedés	1,1 °C/10 év
10	Romhány	lombosodás-virágzás	átlaghőmérséklet	emelkedés	2,7 °C/10 év
10	Romhány	vegetációs periódus	átlaghőmérséklet	emelkedés	1,1 °C/10 év
10	Sopron	lombosodás-virágzás	hőmérsékleti összeg	emelkedés	69 foknap/10 év

lepő, hiszen az átlagosan 6 hónap körüli virágzás kezdete–lombhullás szakasz viszonyai határozzák meg leginkább a teljes lombos időszak jellemzőit. E fenológiai fázis átlaghőmérséklete országosan kb. 1 °C-kal magasabb, mint a teljes tenyészidőszaké (Badacsony: 15,9 °C – Szeged: 18,1 °C). A virágzás utáni vegetációs időszak összegszerű termikus jellemzői a teljes időszak értékeinek kb. 75-95%-át teszik ki, ez is jelzi ezen időszak meghatározó súlyát. Ezen meteorológiai elemek területileg csaknem teljesen a vegetációs periódusnál tapasztalattal azonosan adódó minimumai (Romhány) és maximumai (általában Tiszaroff) a hőmérsékleti összeg esetén 2923 és 3252 foknap, napfénytartamösszegnél 1237 és 1464 óra, illetve globálisugárzás-összegnél 2924 és 3276 MJ/m².

A lombosodás–virágzás kezdete fenofázis átlaghőmérséklete általában 4–6 °C-kal alacsonyabb a teljes vegetációs időszakénál; kivétel az ebben az időszakban meglepően hűvös Szeged, mely esetén az anomália meg-

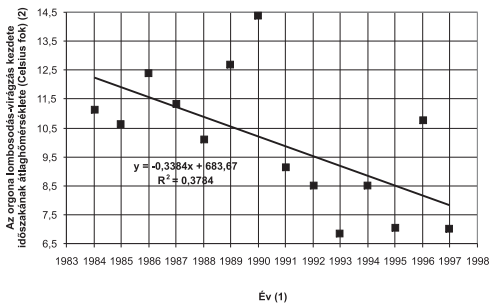
haladja a 7 °C-ot. A tenyészidőszak első fele átlagosan Romhányban a legmelegebb, Badacsonyban a leghűvösebb (12,5 °C, illetve 9,5 °C, lásd 2. táblázat felső része). A vegetációs periódus első rövid része a Közép-Dunántúlon és Tiszaroffon a leghosszabb, az északkeleti fekvésű állomásokon a legrövidebb. Ez determinálja az összegszerű termikus elemek területi alakulását, melyeknek átlagos értékei 176–325 foknap, 97–184 óra, illetve 238–441 MJ/m² tartományban mozognak a hőmérsékleti összeg, a napfénytartamösszeg, illetve a globálisugárzás-összeg esetén.

Az orgona fázistartamait jellemző termikus meteorológiai viszonyok időbeli menetét – lineáris változásokat feltételezve – is vizsgáltuk. Ilyen – éghajlati léptékben – viszonylag rövid időszak alatt bonyolultabb (nem-lineáris) időbeli menetet feltételezni nem láttuk célszerűnek. A 9 állomás három fenológiai időszaka (lombosodás–virágzás, virágzás–lombhullás és a vegetációs periódus) alatti átlaghőmérséklet, hő-

mérsékleti összeg, napfénytartamösszeg és globálisugárzás-összeg értékeinek időbeli alakulása segítségével próbáltunk tendenciós változásokat detektálni.

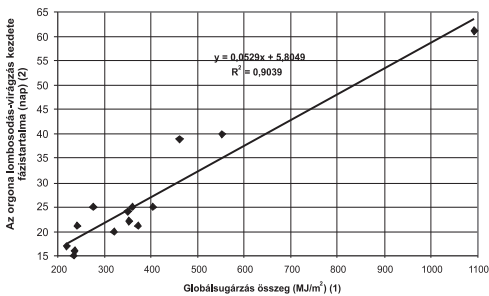
Az egyirányú időbeli anomáliák hiányát jellemzi, hogy a mindösszesen 108 összefüggés-vizsgálatból 0,1%-os vagy 1%-os szinten szignifikáns nem akadt, 2%-os szinten szignifikáns 1, 5%-os szinten szignifikáns 2, 10%-os szinten igazolható szignifikáns összefüggés pedig 7 fordul elő. 98 összefüggés-vizsgálat, az összes elemzett lehetőség csaknem 91%-a még 10%-os szinten sem bizonyult szignifikánsnak. A szignifikáns összefüggések listáját a 3. táblázat tartalmazza.

1. ábra



Az orgona lombosodás–virágzás kezdete időszakának átlaghőmérsékletében megnyilvánuló időbeli trend Szegeden 1984–1997 között

2. ábra



A globálisugárzás-összeg hatása az orgona lombosodás–virágzás kezdete időszakának fázistartamára Szegeden 1984–1997 között

za. Látható, hogy a szignifikáns változások nagy része az adott termikus elem értékének emelkedését jelenti. Az anomáliák viszonylag jelentősnek mondhatók: az átlaghőmérséklet 10 évre vetített emelkedésének mértéke $-3,4$ – $2,7$ °C között mozog, a hőmérsékleti összeg 69–79 foknapos évtizedenkénti emelkedést mutat. (Sugárzási elemeknél a szignifikáns összefüggések kis száma miatt ilyen tartomány nem adható meg.) Megjegyezzük, hogy ezek a változások különböző fenofázisokra, azaz eltérő hosszúságú naptári időszakokra vonatkoznak.

Legtöbbször a lombosodás–virágzás tavaszi időszakában volt a véletlent – a vizsgált szinteken – meghaladó mértékű emelkedés: az erre az időszakra vonatkozó vizsgálatok 14%-a (5/36) szignifikáns változást mutatott. A vegetációs periódus egészére vonatkozó elemzések 8%-a (3/36) is pozitív eredményt hozott. A nyári és az őszi időszakot lefedő virágzás–lombhullás időszak alatt csak elvétve találtunk bizonyítható meteorológiai elemérték-változást (2/36=5,5%). Az elemek tekintetében elmondható, hogy egy kivétellel csak hőmérsékleti elemek esetén volt kimutatható változás. Területileg változatos és kiegyenlített a kép: a 9-ből 7 állomás esetén volt szignifikáns trend, de kettőnél több sehol sem fordult elő. Az 1. ábra egy hőmérsékleti elem 2%-os szinten szignifikáns megváltozását mutatja be Szegeden.

A termikus meteorológiai tényezők hatása az orgona fejlődésére

A meteorológiai tényezők hatása a fenofázisok tartamára. Vizsgáltuk a fentiekben említett termikus elemek, illetve az ezekből képzett kettő termikus index hatását az orgona fenofázisainak hosszára. Az összefüggések szorosságát jellemző r -értékeket a 4. táblázat foglalja össze. A lombosodás–virágzás időszakban – Chmielewski et al. (2005) megállapításával egybehangzóan – az átlaghőmérséklet kivételével a másik három termikus elem nagyon erősen, csaknem minden esetben a legmagasabb vizsgált szinten szignifikánsan

4. táblázat

Termikus meteorológiai tényezőknek az orgona fázistartamaira gyakorolt hatása
(lineáris összefüggés r-értékei, 1984–1997)

Lombosodás–virágzás kezdete						
Állomás	<i>átlhőm.</i>	<i>hőmössz.</i>	<i>napf.össz.</i>	<i>sug.össz.</i>	<i>fot.ind.</i>	<i>rad.ind.</i>
Badacsony	<u>0,884</u>	<i>0,650</i>	<u>0,808</u>	<u>0,930</u>	<u>0,889</u>	<u>0,931</u>
Eger		<u>0,805</u>	<u>0,785</u>	<u>0,883</u>	<u>0,781</u>	<u>0,818</u>
Kaposvár	0,502	<u>0,786</u>	<u>0,829</u>	<u>0,906</u>	<u>0,921</u>	<u>0,940</u>
Mosonmagyaróvár	0,673	<u>0,848</u>	0,771	<u>0,853</u>	<u>0,912</u>	<u>0,887</u>
Pápa	0,727	<u>0,897</u>	<u>0,892</u>	<u>0,934</u>	<u>0,804</u>	<u>0,811</u>
Romhány	<u>0,826</u>	<u>0,898</u>	0,688	<u>0,931</u>	0,771	<u>0,856</u>
Sopron	<i>0,633</i>	<u>0,927</u>	<u>0,847</u>	<u>0,932</u>	<u>0,784</u>	<u>0,809</u>
Szeged		<u>0,922</u>	<u>0,910</u>	<u>0,951</u>	<u>0,790</u>	0,771
Tiszaróff	<i>0,538</i>	0,744	<u>0,862</u>	<u>0,912</u>	<u>0,933</u>	<u>0,947</u>
Virágzás kezdete – lombhullás kezdete						
	<i>átlhőm.</i>	<i>hőmössz.</i>	<i>napf.össz.</i>	<i>Sug.össz.</i>	<i>fot.ind.</i>	<i>rad.ind.</i>
Badacsony		0,736	0,486	0,731	0,559	0,747
Eger	<i>0,653</i>	<i>0,614</i>		0,504	0,662	<u>0,868</u>
Kaposvár		0,736		0,677	<i>0,617</i>	<u>0,795</u>
Mosonmagyaróvár	<u>0,837</u>				<i>0,597</i>	<u>0,896</u>
Pápa		<u>0,880</u>	<u>0,807</u>	<u>0,906</u>	0,766	<u>0,851</u>
Romhány	<i>0,587</i>	0,500			<i>0,544</i>	<u>0,880</u>
Sopron	0,728	0,675		<i>0,568</i>	0,710	<u>0,876</u>
Szeged		<u>0,849</u>		0,743	<i>0,634</i>	<u>0,934</u>
Tiszaróff	0,503	<u>0,815</u>	<i>0,588</i>	0,758	<u>0,789</u>	<u>0,877</u>
Vegetációs periódus						
	<i>átlhőm.</i>	<i>hőmössz.</i>	<i>napf.össz.</i>	<i>sug.össz.</i>	<i>fot.ind.</i>	<i>rad.ind.</i>
Badacsony	0,472	<i>0,598</i>	0,677	<u>0,831</u>	0,756	<u>0,833</u>
Eger	0,760	0,686		<i>0,615</i>	0,702	<u>0,889</u>
Kaposvár	<i>0,590</i>	<u>0,846</u>	0,462	0,759	0,682	<u>0,865</u>
Mosonmagyaróvár	0,771				<i>0,623</i>	<u>0,910</u>
Pápa	<i>0,542</i>	0,757	0,736	<u>0,885</u>	<u>0,826</u>	<u>0,901</u>
Romhány	0,675				<i>0,580</i>	<u>0,908</u>
Sopron	<i>0,624</i>	0,748		<i>0,580</i>	0,639	<u>0,850</u>
Szeged	0,686	0,479				0,762
Tiszaróff	0,706	0,794		0,716	0,746	<u>0,869</u>

Szignifikancia-szint

0,958: P<0.1%

0,658: P<1%

0,608: P<2%

0,558: P<5%

0,458: P<10%

befolyásolta a fázistartamok hosszát. A 2. ábra Szeged esetén mutatja be a globálsugárzás rendkívül erős hatását az orgona kezdeti fejlődésére. A virágzás kezdete és a lombhullás közötti időszakban és a teljes vegetációs periódusban viszont már szinte minden elemnél a nem, vagy csak gyengén szignifikáns összefüggések kerültek túlsúlyba.

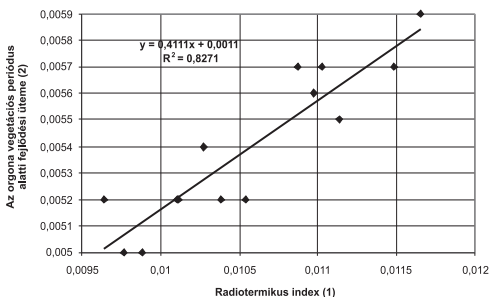
Ezért vizsgáltuk meg két olyan indexnek az orgonafejlődés egyértelmű meghatározására való alkalmasságát, melyek a hőmérsékleti és sugárzási elemek befolyását együttesen képesek kifejezni. A fototermikus index az adott időszak átlaghőmérsékletének és napfénytartamösszegének hányadosa, míg a radiotermikus index az adott időszak átlaghőmérsékletének és fotoszintetikusan aktív sugárzás (a globálsugárzás fele) összegének elosztásával számszerűsíthető. A 4. táblázat utolsó két oszlopa mutatja be ezen indexek fázistartamra gyakorolt hatásának szorosságát. Látható, hogy a fototermikus index is csak a kezdeti fejlődés időszakában ad mindenhol jó eredményeket, a radiotermikus index alakulása viszont szinte minden esetben (helyen és időszakban) a legszorosabb befolyást mutatja a növények fejlődésére.

Az 5. táblázatban a lineáris összefüggések b -értékeit (regressziós együtthatóit), azaz az egységnyi meteorológiai-tényező-változásra eső fázistartam-módosulást jelenítettük meg. Jelöltük azt is, hogy a változások

milyen mértékű szignifikáns kapcsolat esetén adódtak. Minél erősebben szignifikáns egy kapcsolat, b -értéke annál megbízhatóbban informál a fejlődési időszak megváltozásának mértékéről. Az értékelést a legalább 2%-os szinten szignifikáns összefüggésekre alapoztuk. Mivel az átlaghőmérséklet általában csak gyengébben befolyásolta a fázistartamokat, ezért erre az elemre inkább csak tájékoztató jellegű értékeket tudunk megadni. Az átlaghőmérséklet $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os emelkedése a lombosodás–virágzás szakaszt 2–4 nappal, a virágzás–lombhullás fenofázist 8–12 nappal, a teljes vegetációs periódust pedig 8–15 nappal rövidítette le állomástól függően. A rendelkezésre álló adatok alapján 100 foknapos hőmérsékletiösszeg-emelkedés hatása a vegetációs periódus első szakaszában 6–18 napos, a második szakaszban 4–6 napos, a teljes tenyészidőszakban – viszonylag kevés erősen szignifikáns eredmény alapján – szintén 6–7 napos fázistartam-növekedés. 100-zal több napsütéses óra az 1. szakaszban 11–22 nappal, a 2. szakaszban kb. 6 nappal, a vegetációs periódus egészében 7–9 nappal nyújtja meg az orgona aktív időszakát. 100 MJ/m²-es energiatöbblet a virágzásig 5–9 napos, azután 4–5 napos, a vegetációs periódusban pedig 5–6 nappal hosszabb fenofázist eredményez. A fototermikus index 0,001-es növekedése (azaz 100 napsütéses órára jutó $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os átlaghőmérséklet-emelkedés) az első szakaszban 0,1–0,4 nappal, a második szakaszban 5,4–10,2 nappal, a tenyészidőszak egészében 8,7–14,6 nappal rövidítené le a fázistartamot. A radiotermikus index esetében 0,001-es növekedés (azaz 100 MJ/m² beérkező energiára jutó $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os átlaghőmérséklet-emelkedés) a lombosodás–virágzás szakaszban 0,1–0,4 napos, azt követően 10,7–14,4 napos, a teljes lombos időszakban pedig 12,9–20,1 napos fejlődésgyorsulást idézhet elő.

A meteorológiai tényezők hatása az orgona fejlődési ütemére. Ugyanezen termikus elemeknek és indexeknek az orgona fejlődési ütemére gyakorolt hatását is elemeztük. A kapott eredményeink nagyon hasonlítanak a 4. táblázat eredményeire. Az ele-

3. ábra



A radiotermikus index hatása az orgona vegetációs periódus alatti fejlődési ütemére Romhányban 1984–1997 között

5. táblázat

Termikus meteorológiai tényezőknek az orgona fázistartamaira gyakorolt hatása
(lineáris összefüggés b-értékei, 1984-1997)

Lombosodás–virágzás kezdete						
Állomás	átlhőm.	hőmössz.	napf.össz.	sug.össz.	fot.ind.	rad.ind.
Badacsony	<u>-3,868</u>	<u>0,176</u>	<u>0,154</u>	<u>0,074</u>	<u>-328,9</u>	<u>-407,3</u>
Eger	-0,755	<u>0,079</u>	<u>0,112</u>	<u>0,058</u>	<u>-80,1</u>	<u>-107,7</u>
Kaposvár	-2,184	<u>0,102</u>	<u>0,162</u>	<u>0,079</u>	<u>-297,5</u>	<u>-413,3</u>
Mosonmagyaróvár	-2,375	<u>0,109</u>	<u>0,130</u>	<u>0,069</u>	<u>-165,8</u>	<u>-183,9</u>
Pápa	-3,901	<u>0,166</u>	<u>0,221</u>	<u>0,092</u>	<u>-410,0</u>	<u>-441,0</u>
Romhány	<u>-1,846</u>	<u>0,141</u>	0,194	<u>0,089</u>	-80,9	<u>-102,4</u>
Sopron	-2,705	<u>0,120</u>	<u>0,160</u>	<u>0,070</u>	<u>-110,7</u>	<u>-148,7</u>
Szeged	1,374	<u>0,061</u>	<u>0,127</u>	<u>0,053</u>	<u>-374,3</u>	-409,2
Tiszaroff	<u>-2,001</u>	<u>0,086</u>	<u>0,197</u>	<u>0,071</u>	<u>-441,6</u>	<u>-447,1</u>
Virágzás kezdete – lombhullás kezdete						
	átlhőm.	hőmössz.	napf.össz.	sug.össz.	fot.ind.	rad.ind.
Badacsony		<u>0,039</u>	0,044	<u>0,039</u>	<u>-5703,7</u>	-11540
Eger	-8,490	<u>0,045</u>		0,036	-7040,3	<u>-12284</u>
Kaposvár		<u>0,043</u>		<u>0,037</u>	-5376,7	<u>-10782</u>
Mosonmagyaróvár	<u>-8,074</u>				-6647,1	<u>-12731</u>
Pápa		<u>0,042</u>	<u>0,063</u>	<u>0,043</u>	-7279,2	<u>-13192</u>
Romhány	-6,297	0,034			-4853,6	<u>-13515</u>
Sopron	-12,086	<u>0,060</u>		<u>0,040</u>	-8987,3	<u>-14421</u>
Szeged		<u>0,048</u>		<u>0,047</u>	-8928,2	<u>-13425</u>
Tiszaroff	-9,366	<u>0,053</u>	<u>0,069</u>	<u>0,047</u>	<u>-10219,0</u>	<u>-13291</u>
Vegetációs periódus						
	átlhőm.	hőmössz.	napf.össz.	sug.össz.	fot.ind.	rad.ind.
Badacsony	-8,040	<u>0,041</u>	<u>0,069</u>	<u>0,050</u>	-9134,5	<u>-14583</u>
Eger	-12,166	<u>0,062</u>		<u>0,050</u>	-8744,2	<u>-14997</u>
Kaposvár	-14,303	<u>0,066</u>	0,061	<u>0,060</u>	-11197,0	<u>-19699</u>
Mosonmagyaróvár	-9,934				-9886,5	<u>-18053</u>
Pápa	-11,810	<u>0,057</u>	<u>0,087</u>	<u>0,063</u>	<u>-12157,0</u>	<u>-18524</u>
Romhány	-7,675				-6049,9	<u>-14490</u>
Sopron	-13,230	<u>0,060</u>		<u>0,040</u>	<u>-10876,0</u>	<u>-20147</u>
Szeged	-8,699	0,037				-12927
Tiszaroff	-15,108	<u>0,065</u>		<u>0,061</u>	-14632,0	<u>-19556</u>

Összefüggés r-értékének szignifikancia-szintje

P<0,1%

P<1%

P<2%

P<5%

P<10%

mek közül a globálsugárzás és a hőmérsékleti összeg jobban, az átlaghőmérséklet és a napfénytartamösszeg kevésbé használható az orgona fejlődési ütemének meghatározására, de igazán jó eredményeket csak a lombosodás–virágzás fenofázisra kaptunk. A fototermikus index alkalmazásakor hasonló eredményeket kaptunk, mint a globálsugárzás esetén. A radiotermikus in-

dex bizonyult egyértelműen a legpontosabb eszköznek az orgona fejlődési ütemére gyakorolt termikus hatás leírására, ez az index feltételezhetően akár előrejelzési célokra is felhasználható. A radiotermikus indexnek az orgona tenyészidőszak alatti fejlődési ütemére gyakorolt erősen szignifikáns hatását a romhányi értékek alapján a 3. ábra mutatja be.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) AASA, A. – JAAGUS, J. – AHAS, R. – SEPP, M. (2004): The influence of atmospheric circulation on plant phenological phases in Central and Eastern Europe. *International Journal of Climatology*. 24 (12): 1551-1564. pp. (2) AHAS, R. (1999): Long-term phyto-, ornitho- and ichthyophenological time-series analyses in Estonia. *International Journal of Biometeorology*. 42 (3): 119-123. pp. (3) AHAS, R. – AASA, A. – MENZEL, A. – FEDOTOVA, V. G. – SCHEIFINGER, H. (2002): Changes in European spring phenology. *International Journal of Climatology*. 22 (14): 1727-1738. pp. (4) CHMIELEWSKI, F. M. – MULLER, A. – KUCHLER, W. (2005): Possible impacts of climate change on natural vegetation in Saxony (Germany). *International Journal of Biometeorology*. 50 (2): 96-104. pp. (5) HE, H. S. – HAO, Z. Q. – MLADENOFF, D. J. – SHAO, G. F. – HU, Y. M. – CHANG, Y. (2005): Simulating forest ecosystem response to climate warming incorporating spatial effects in north-eastern China. *Journal of Biogeography*. 32 (12): 2043-2056. pp. (6) LU, P. L. – YU, Q. A. – LIU, J. D. – LEE, X. H. (2006): Advance of tree-flowering dates in response to urban climate change. *Agricultural and Forest Meteorology*. 138 (1-4): 120-131. pp. (7) MENZEL, A. – ESTRELLA, N. – TESTKA, A. (2005): Temperature response rates from long-term phenological records. *Climate Research*. 30 (1): 21-28. pp. (8) MEZEYOVA, I. – SISKÁ, B. (2006): Using of wild-growing wood species phenology for agroclimatic regionalization elaborating of apple trees (*Malus domestica*) on Slovak Republic Territory. Assessing of soil and water conditions in forests. 123-130. pp. (9) SCHWARTZ, M. D. – REITER, B.E. (2000): Changes in North American spring. *International Journal of Climatology*. 20 (8): 929-932. pp. (10) SUKOPP, H. – WURZEL, A. (2000): Changing climate and the effects on vegetation in central European cities. *Arboricultural Journal*. 24 (4): 257-281. pp. (11) VARGA Z. – VARGA-HASZONITS Z. – ÉNZSÖLNÉ GERENCSÉR E. – MILICS G. (2009a): A kislevelű hárs (*Tilia cordata* L.) fejlődésének bioklimatológiai elemzése. *Acta Agronomica Óváriensis*. 51 (2): 21-38. pp. (12) VARGA Z. – VARGA-HASZONITS Z. – ÉNZSÖLNÉ GERENCSÉR E. – LANTOS Zs. – MILICS G. (2009b): A fekete bodza (*Sambucus nigra* L.) fejlődésének bioklimatológiai elemzése. *Kertgazdaság*. 41 (4): Megjelenés alatt. (13) VARGA Z. – VARGA-HASZONITS Z. – ÉNZSÖLNÉ GERENCSÉR E. – LANTOS Zs. – MILICS G. (2010): Bioclimatological analysis of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) development. *Acta Agronomica Óváriensis*. 52 (1): Megjelenés alatt. (14) VASSEUR, L. – GUSCOTT, R. L. – MUDIE, P. J. (2001): Monitoring of spring flower phenology in Nova Scotia: comparison over the last century. *Northeastern Naturalist*. 8 (4): 393-402. pp. (15) WOLFE, D. W. – SCHWARTZ, M. D. – LAKSO, A. N. – OTSUKI, Y. – POOL, R. M. – SHAULIS, N. J. (2005): Climate change and shifts in spring phenology of three horticultural woody perennials in northeastern USA. *International Journal of Biometeorology*. 49 (5): 303-309. pp. (16) XU, Y. Q. – LU, P. L. – YU, Q. A. (2004): Impacts of climate change on first-flowering dates of *Robinia pseudoacacia* L. and *Syringa amurensis* Rupr. in China. *Journal of Beijing Forestry University*. 26 (6): 94-97. pp.

A MEGGY VIRÁGZÁSTARTAMÁNAK KAPCSOLATA A VIRÁGZÁS ELŐTTI ÉS ALATTI METEOROLÓGIAI VÁLTOZÓKKAL

LAKATOS LÁSZLÓ – TORNyai JULIANNa – SZABÓ TIBOR – SOLTÉSZ MIKLÓS –
MARIA CLAUDIA DUSSI – SUN ZHONG-FU – SZABÓ ZOLTÁN – NYÉKI JÓZSEF

Kulcsszavak: virágzástartam, hőmérséklet, Winkler-index, Huglin-index.

ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A tanulmányban megvizsgáltuk, hogy a virágzás előtti 30 nap időjárása, illetve a virágzástartam alatti időjárás miképpen befolyásolja a fázistartam hosszát. A meteorológiai paraméterek a következők voltak: maximum hőmérséklet, minimum hőmérséklet, átlaghőmérséklet, csapadékmennyiség, napfénytartam, nappali és éjszakai hőmérséklet-különbség, Huglin-index, Winkler-index. Az eredmények azt mutatták, hogy mind a virágzás előtti, mind pedig a virágzás alatti csapadékmennyiség szignifikáns kapcsolatot mutat a virágzás hosszával.

A nappali és éjszakai hőmérséklet-különbség, valamint a virágzástartam hossza között szintén szignifikáns kapcsolat mutatható ki. A kapcsolat jellege arra utal, hogy növekvő hőmérséklet-különbség esetében a virágzástartamok rövidebbek voltak. Azokon a tavaszi napokon, amikor nagy a nappali és éjszakai hőmérséklet-különbség, rendszerint magas nappali maximum hőmérsékletek fordulnak elő. Ezek jelentősen gyorsítják a virágzás lefutását. Borult, csapadékos időjárás esetében általában kicsi a nappali és éjszakai hőmérséklet-különbség, ami meghosszabbítja a virágzás lefutását.

A virágzástartam a napi maximum hőmérséklettel mutatta a legszorosabb kapcsolatot.

A magasabb hőmérséklet mellett a virágzási idők jelentősen rövidültek.

Azt tapasztaltuk, hogy abban az esetben következtek be rövidebb virágzástartamok, hogyha a virágzástartam előtti 30 nap maximum hőmérsékleteinek átlaga 13,5–14,5 °C között fordult elő. Amennyiben az időszakra jellemző maximum hőmérsékletek átlaga 13 °C alatt volt, illetve meghaladta a 15 °C-ot, tíz napnál hosszabb virágzástartamokkal számolhattunk. Sikertől igazolnunk, hogy a kevés csapadék és magas hőmérséklet gyorsítja a fiziológiai folyamatokat, így ezekben az évszakokban gyorsabb virágzáslefutással, rövidebb virágzási idővel számolhattunk.

BEVEZETÉS

Fontos kérdés annak tisztázása, hogy a meggyfajták virágzása miként jellemezhető. Legelterjedtebb a fajták három virágzási időcsoportba sorolása. Az öt virágzási időcsoport képzését a szélsőséges időjárású or-

szágokban javasolják. *Maliga (1953)* a cseresznye- és a meggyfajtákat egyidejűleg vizsgálva nyolc virágzási időcsoportot alakított ki. Az önmeddő Pándy meggy virágzását *Kellerhals (1986)* középkéseinek adta meg. *Maliga (1953)* és *Ritiu (1975-1976)* szerint a Pándy meggy középkésőn virágzó, de

a kései virágzásra hajlamos fajták csoportjába tartozik. A Schattenmorelle fajtát a késői virágzási időcsoportba, a Montmorency fajtát a közepes vagy a késői virágzási időcsoportba sorolják.

Békefi et al. (2000) 280 fajta virágzási idejét vizsgálták. Öt virágzási időcsoportot képezve, a többségük középkésőn virágzott. A Pándy meggy különböző időpontokban megporzott virágainak termékenyülését *Pejkić (1966)* vizsgálta. A terméskötődés százaléka a megporzást követő első nap volt a legnagyobb, a későbbiekben jelentős mértékben csökkent. 72 órával a megporzást követően nem kötődött gyümölcs. Amennyiben a megporzás és a megtermékenyülés a virágok kinyílásától számított 48 órán belül nem történik meg, később már az embriózsák és a petesejt degenerálódik, a terméskötődés elmarad. A megporzásnak a virágnyíláskor, vagy legkésőbb azt követő napon meg kell történnie ahhoz, hogy a megtermékenyülés kielégítő legyen.

A középidejűben virágzó fajtáknál volt a legkisebb különbség a különböző időben nyíló virágok terméskötődése között. A legkésőbbi virágzású fajtáknál a legkisebb terméskötődést a legkésőbb nyíló virágoknál tapasztalta. A megporzásnak a meggyénél a virágok kinyílásától számított 40 órán belül kell bekövetkeznie ahhoz, hogy a terméskötődés jó legyen.

Nyéki (1989) szerint az önmeddő fajtáknál az együttvirágzás mértékének 70% fölöttinek kell lenni ahhoz, hogy biztonságos legyen a megporzás. A Pándy meggyénél a szükséges együttvirágzási szint ettől is nagyobb, legalább 80%. A 70% fölötti együttvirágzási szintet az évek többségében az azonos virágzási időcsoportokba tartozó fajták biztosíthatják, ha a fajtákat három (korai, közepes, kései) virágzási időcsoportba soroljuk. Két fajta együttvirágzása nem megfelelő, ha annak mértéke 50% alatt van, ezek a fajtakombinációk nem telepíthetők együtt. A megfelelő pollenellátást és a biztonságos megporzást nyújtó együttvirágzási szint csak több (2–4) pollenadó fajta együttes ültetésével érhető el.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A fajtákkal kapcsolatos vizsgálatokat a termelőüzemekben, házi kertekben, szőlőványgyümölcsösökben 1972-től folyamatosan végeztük. A vizsgálatokba fokozatosan bevontuk az Északkelet-Magyarországon szelektált összes meggyfajtát és azok változatait. A megfigyeléseket minden esetben az állami minősítés előtti szakaszban és a termesztésbe vonás után, vagyis az első évtől kezdődően folyamatosan végezzük. Az *Újfehértói Kutató Állomáson* vizsgált fajták teljesen azonos termőhelyi és termesztési (tenyészterület, koronaforma, fito- és agro-technika, növényvédelem) körülmények között találhatók. A vizsgálati mintákat az *Országos Mezőgazdasági Minősítő Intézet* által elfogadott és leírt véletlen blokk elrendezésű kísérleti ültetvényekből gyűjtöttük, illetve gyűjtjük be.

A virágzáskezdet fenológiai megfigyeléseit szakavatott személyzet végezte az elmúlt 26 év során. Ez garancia arra, hogy ezek az adatok pontosak, megbízhatóak, és így a levonható következtetések is helytállóak. A virágzás esetében nemcsak a virágzáskezdeti időpontok bekövetkezését, hanem a fővirágzást, valamint a virágzásvégi időpontokat is feljegyezték. Jelen tanulmányban a virágzástartamok időjárási tényezőktől való függését vizsgáljuk. Az egyik meghatározó időtartam, melynek úgy véljük, szerepe van a virágzástartam alakulásában, a virágzáskezdet előtti 30 napos időszak. A másik meghatározó jelentőségű időszak a virágzás alatti időjárás. Ezen két időszak meteorológiai viszonyainak hatását vizsgáljuk a virágzástartam alakulására. Jelen vizsgálatban új paramétereket veszünk figyelembe, mint a Huglin-index (*Huglin, 1978, 1986*), illetve Winkler-index (*Winkler et al., 1974*). Ezeket az indexeket szőlőművelés esetén már tesztelték (*Szenteleki et al., 2007a; Ladányi et al., 2007*).

A statisztikai vizsgálat SPSS 13.0 for Windows programcsomaggal történt. Regressziókat, gyakoriságokat, szórásokat hatá-

roztunk meg. A függvények ábrázolásai Excel táblázatkezelővel készültek.

AZ EREDMÉNYEK

A virágzástartam 6 és 19 nap között alakult a három vizsgált meggyfajta esetében. A virágzástartamok alapján azt állapíthatjuk meg, hogy leghosszabb virágzási időtartam az 'Újfehértói fürtösre', míg a legrövidebb a 'Debreceni bőtermőre' jellemző (1. ábra). A fajták között nem vehető észre jelentős különbség, ami azt jelenti, hogy a virágzástartamok akár össze is vonhatók és statisztikailag együttesen értékelhetők.

Amennyiben megvizsgáljuk, hogy az elmúlt 26 év során a virágzástartamok alatt a meteorológiai elemek milyen szélsőségeket produkáltak, a következő megállapításokat tehetjük. Legtöbb virágzás alatti csapadékot (77,4 mm) 2005 tavaszán mértük, míg több évben is előfordult, hogy a virágzás időtartama alatt nem hullott egyetlen milliméternyi csapadék sem (1. táblázat). Nem csak a csapadék esetében vehetünk észre jelentős különbséget az egyes években, a napfénytartamnál is megállapíthatjuk, hogy 2000-ben csaknem 140 órát sütött a nap a virágzási idő alatt, míg 2008-ban alig haladta meg a 30 órát a virágzás alatti napfénytartam. A hőmérsékleti értékek is igen szélsőségesen alakultak az egyes évjáratokban. 1991-ben a virágzástartam alatti átlaghőmérséklet 8,7 °C volt, 1997-ben pedig 19,1 °C jellemezte a virágzást.

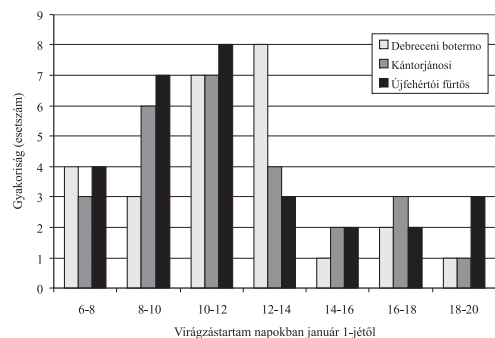
1. táblázat

A virágzás alatti időszak
extrém meteorológiai értékei

	Legnagyobb	Legkisebb
Tartam	19 nap (1991)	6 nap (1985, 2003)
Csapadék- mennyiség	0 mm (1986, 1993, 2007)	77,4 mm (2005)
Napfény- tartam	139,7 óra (2000)	30,7 óra (2008)
Átlag- hőmérséklet	8,7 °C (1991)	19,1 °C (1997)

A virágzástartam alakulásában úgy véljük, nemcsak a virágzástartam alatti időjárásnak van szerepe, hanem a virágzás előtti egy hónap meteorológiai viszonyai is befolyásolhatják a virágzástartam hosszát. Ennek a feltételezésnek az igazolására előállítottuk a virágzáskezdetek előtti 30 napra vonatkozó időszak meteorológiai paramétereit. A vizsgált változók a következők voltak: nappali és éjszakai hőmérséklet-különbség, csapadékösszeg, maximum, minimum, valamint átlaghőmérséklet, klimatikus vízmérleg, Huglin-index, Winkler-index. A vizsgálatokat különböző évjáratokra bontva végeztük el. Megvizsgáltuk, hogy miként alakul a virágzástartam eloszlása abban az esetben, ha a virágzás kezdete előtti 30 nap időjárása többnyire felhős, illetve napos volt. Ezenkívül azon évjáratokra is elvégeztük az előbb említett eloszlásvizsgálatot, melyek csapadékosak, illetve szárazak voltak. A harmadik évjárat-kategóriába tartoztak a hűvös, illetve meleg évjáratok. Az évjárat-kategorizálás matematikai alapon történt. Első lépésben képeztük a sokéves átlagot, majd a minta szórását az adott időszakra vonatkozóan. Azt feltételeztük, hogy amennyiben az időszakra vonatkozó érték nagyobb vagy kisebb volt, mint az átlag +/- a szórás fele, akkor az adott évet csapadékosnak vagy száraznak neveztük. Hasonló eljárás alapján megkülönböztethettünk felhős és napos, illetve hűvös és meleg évjáratokat. Amennyiben megvizs-

1. ábra



Virágzástartam-gyakorisági eloszlás
a vizsgált meggyfajták esetében

gáljuk, hogy miként alakultak a virágzástartamok abban az esetben, amikor a virágzás előtti 30 nap napos, illetve felhős volt, a következő megállapításokat tehetjük. Napos évszázatok esetén általában a virágzási idők rövidebbek, mint felhős évszázatokban. Felhős évszázatokban gyakori a közel három hetes virágzástartam, míg napos évszázatokban legfeljebb 16–18 napos virágzástartammal találkozhatunk (2. ábra).

Igen látványos különbséget figyelhetünk meg a meleg és hűvös évszázatok esetében. Meleg évszázatokban mintegy 5-6 nappal korábban kezdődik a virágzás és 6-7 nappal korábban be is fejeződik. A meleg évszázatok virágzástartama 5–12 nap, míg a hűvös évszázatokban 9–19 nap közötti a virágzástartam (3. ábra).

Azt vehetjük észre, hogy száraz évszázatokban gyorsabb és rövidebb tartamú a virágzás, mint nedves években. Száraz évszázatokra 6-16 nap, míg nedves évszázatokra 6-19 nap közötti virágzástartamok jellemzőek. A vízhányos állapot gyorsítja a virágzás lefolyását, míg jó vízellátottság esetén gyakori a 18–19 napos virágzástartam is a vizsgált meggyfajták esetében (4. ábra).

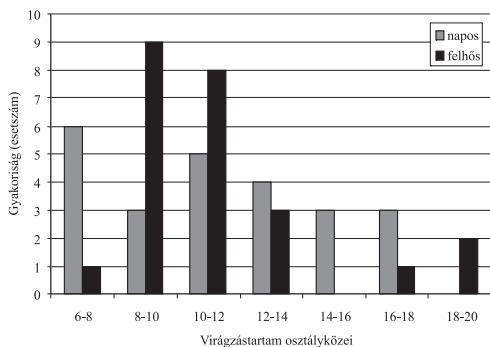
Amennyiben a virágzás alatti időjárás jellege alapján kívánjuk a virágzástartamokat jellemezni, a következő megállapításokat te-

hetjük. A napos évszázatok esetében hosszabb virágzástartamokat tapasztaltunk, mint a felhős évszázatok esetében. Úgy véljük, ennek az a magyarázata, hogy a napos évszázatok lehetnek melegek és hűvösek is az évek ebben az időszakában

A hűvös és meleg évszázatok virágzástartam-eloszlását vizsgálva azt vehetjük észre, hogy bár a hűvös években gyakoribb a hosszabb virágzástartam, melegebb évszázatokban sem ritka, hogy a virágzás elhúzódik (5. ábra). Az a tény, hogy egy időszak átlaghőmérséklete magas, nem feltétlenül jelenti azt, hogy ez teljesül az időszak minden egyes napjára is. Előfordulnak olyan évek, melyekben egy rendkívül magas hőmérsékletű időszakot követően jelentősen visszaesik a hőmérséklet, ami lelassítja a virágzás lefolyását, ugyanakkor a teljes időszakra vonatkozó átlaghőmérséklet még mindig az átlag fölött alakul, azaz meleg periódusról beszélhetünk. Ezen túlmenően azt sem hagyhatjuk figyelmen kívül, hogy amennyiben egy meleg periódus az átlag fölött csapadékosnak bizonyul, az szintén lassítja a virágzás lefolyását, így a meleg és csapadékos években hosszabb virágzástartamokkal számolhatunk.

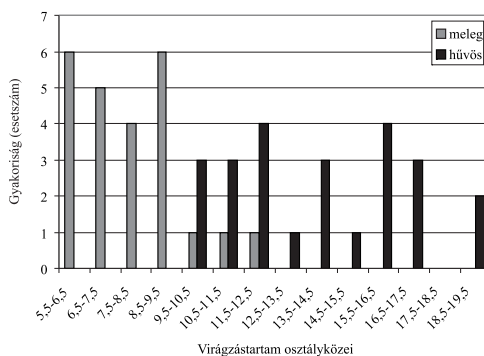
Fontos kérdés annak vizsgálata, hogy miképpen alakul a virágzástartam száraz és nedves években. A vizsgálati eredmények

2. ábra



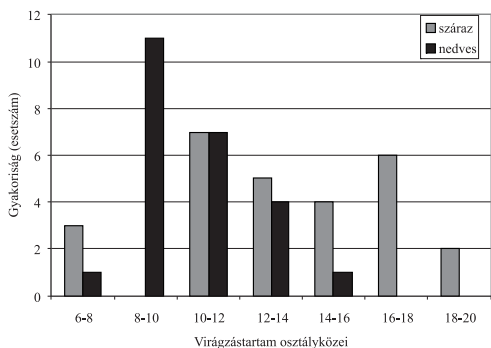
A virágzástartam gyakorisági eloszlása napos és felhős évszázatokban a virágzáskezdetet megelőző időszak adatainak alapján

3. ábra



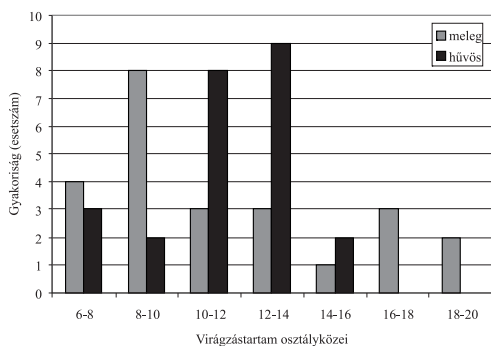
A virágzástartam gyakorisági eloszlása meleg és hűvös évszázatokban a virágzáskezdetet megelőző időszak adatainak alapján

4. ábra



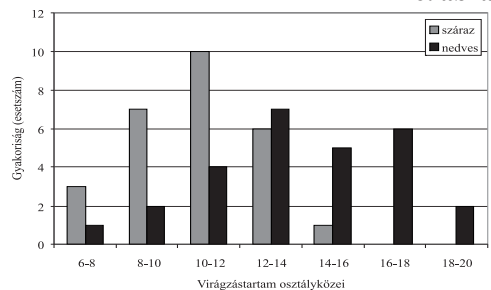
A virágzástartam gyakorisági eloszlása száraz és nedves évjáratokban a virágzáskezdetet megelőző időszak adatainak alapján

5. ábra



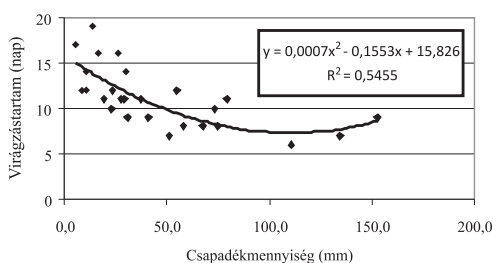
A virágzástartam gyakorisági eloszlása meleg és hűvös évjáratokban a virágzás alatti időszak adatai alapján

6. ábra



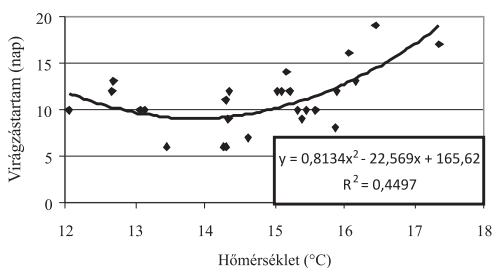
A virágzástartam gyakorisági eloszlása száraz és nedves évjáratokban a virágzás alatti időszak adatai alapján

7. ábra



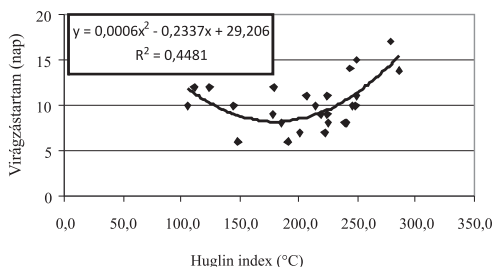
A virágzástartam és a virágzáskezdet előtti 30 napos időszak csapadékmennyiségének kapcsolata 'Kántorjánosi' meggyfajta esetében, Újfehértó, 1983–2008

8. ábra



A virágzástartam és a virágzáskezdet előtti 30 napos időszak átlagos maximum hőmérsékletének kapcsolata 'Debreceni bőtermő' meggyfajta esetében, Újfehértó, 1983–2008

9. ábra



A virágzástartam és a virágzáskezdet előtti 30 napos időszak Huglin-indexének kapcsolata 'Újfehértói fűrtös' meggyfajta esetében, Újfehértó, 1983–2008

azt mutatták, hogy nedves évjáratokban 4-5 nappal hosszabb virágzástartamok fordulnak elő, mint száraz évjáratokban (6. ábra). A vízhiányos állapot jelentősen gyorsítja a növények generatív folyamatait, ez megjelenik a virágzásdinamika alakulásában is. A kedvezőtlen időjárási feltételekhez való alkalmazkodás látványos formája ez, amikor a növények a vegetatív fejlődést mersékelve a túlélésre, termésképződésre fordítják az energiák jó részét.

A következőkben bemutatjuk, hogy az egyes meteorológiai elemek milyen kölcsönhatásban vannak a virágzástartam hosszával. Arra keressük a választ, hogy a virágzás kezdete előtti 30 nap időjárási jellege miként befolyásolja a virágzás időtartamát. A virágzás előtti időszak csapadékmennyiségének növekedésével csökkenő fázistartamra számíthatunk. Ez azt jelenti, hogy amennyiben megfelelő a fák vízellátottsága, akkor rövidebb lesz a virágzási idő. Természetesen ez azt is jelentheti, hogy amennyiben virágzás előtt átlag fölött alakult a csapadék mennyisége, a virágzási időtartam alatt ennek épp ellenkezője fordult elő. Mivel az időjárás egymásra következését jelen esetben nem vizsgáltuk, így ennek valószínűsértartalmáról természetesen nem nyilatkozhatunk, csupán annyit állapíthatunk meg, hogy a virágzás előtti bőséges csapadékú évjáratokban általában rövidebb a virágzás hossza (7. ábra).

A virágzás előtti hőmérsékletek szintén szignifikáns kapcsolatot mutatnak a virág-

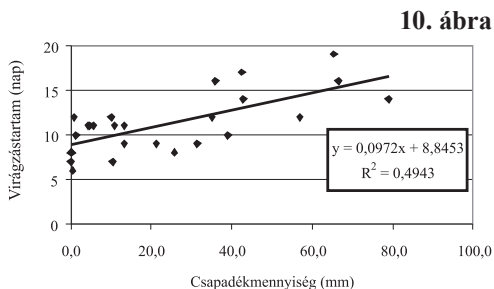
zástartam hosszával. Azt tapasztaltuk, hogy abban az esetben következtek be rövidebb virágzástartamok, hogyha a virágzástartam előtti 30 nap maximum hőmérsékleteinek átlaga 13,5–14,5 °C között fordult elő. Amennyiben az időszakra jellemző maximum hőmérsékletek átlaga 13 °C alatt volt, illetve meghaladta a 15 °C-ot, tíz nappal hosszabb virágzástartamokkal számolhattunk (8. ábra).

A virágzástartam előtti egy hónapra vonatkozó Huglin-index értéke is azt mutatja, hogy 180–200 °C-os értéknél a virágzástartam 8 nap körüli, míg 270 °C fölötti, illetve 120 °C alatti értékek esetében 12 nappal hosszabb virágzástartamokkal számolhattunk (9. ábra).

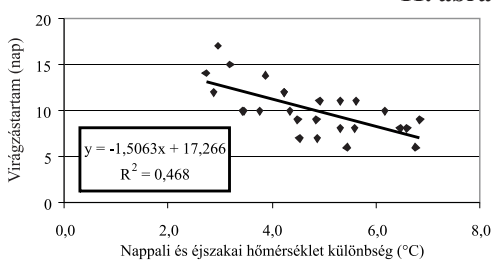
A virágzástartam alatti időjárás kétségtelenül igen fontos hatást gyakorol a fázistartam hosszára. Az alábbiakban bemutatunk néhány szignifikáns függvénykapcsolatot, melyet a regressziós vizsgálatokkal sikerült kimutatnunk a fázistartam hossza és a fázistartam alatti meteorológiai paraméterek között.

A vizsgálatok azt mutatták, hogy a virágzástartam alatti csapadékmennyiség növekedésével arányosan nő a fázistartam hossza. 20 mm-es csapadékmennyiség esetében a fázistartamok általában 10-12 nap között fordultak elő, 60 mm-t meghaladó csapadéköszegek mellett 15 nap fölötti fázistartamokat tapasztalhattunk (10. ábra).

11. ábra



A virágzástartam és a virágzás alatti időszak csapadékmennyiségének kapcsolata 'Kántorjánosi' meggyfajta esetében, Újfehértó, 1983–2008



A virágzástartam és a virágzás alatti időszak átlagos nappali és éjszakai hőmérsékletkülönbségének kapcsolata 'Újfehértói fűrtös' meggyfajta esetében, Újfehértó, 1983–2008

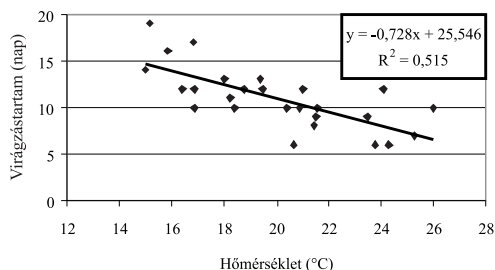
Szignifikáns kapcsolatot sikerült találnunk a fázisstartamra jellemző nappali és éjszakai hőmérséklet-különbség, valamint a virágzástartam között. Az eredmények azt mutatják, hogy amennyiben nagy, 6 °C-ot meghaladó a nappali és éjszakai hőmérséklet-különbség, abban az esetben egy hetes virágzástartammal számolhatunk, míg 4 °C-nál kisebb hőmérséklet-különbség mellett két hetes virágzástartamokat tapasztalhatunk (11. ábra). Amennyiben nagy a nappali és éjszakai hőmérséklet-különbség, ez intenzív nappali fejlődést és kis éjszakai légzési veszteséget jelent, ami javítja a fejlődés gyorsaságát, hatékonyabb növekedést tesz lehetővé.

A hőmérsékleti paraméterek közül a maximum hőmérséklet mutatott legszorosabb kapcsolatot a fázisstartam hosszával. A 12. ábrán jól látható, hogy növekvő maximum hőmérséklet mellett rövidebb virágzástartamokkal számolhatunk. 15–16 °C-os virágzástartam alatti maximum hőmérséklet mellett a fázisstartam hossza meghaladja a két hetet, míg 24 °C fölötti maximum hőmérsékletek mellett egy hetes virágzástartammal számolhatunk (12. ábra).

A virágzási időtartam alatti Winkler-index értékek azt mutatják, hogy növekvő indexértékek mellett csökkenő virágzástartammal számolhatunk. Megállapíthatjuk, hogy 10 és 60 közötti indexváltozás esetén igen erőteljes a virágzástartam csökkenése, 60 és 120 közötti indexérték esetében azonban a virágzástartam csökkenése már nem számottevő (13. ábra).

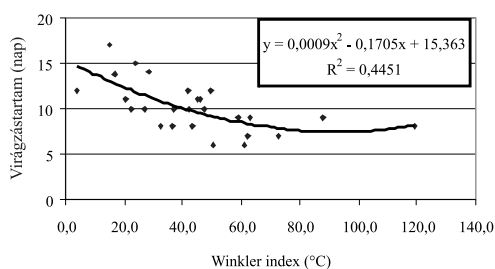
A virágzástartamra vonatkozó Huglin-index esetében is azt vehetjük észre, hogy 20 és 200 közötti Huglin-index növekedés hatására a virágzástartamok igen erőteljesen csökkennek. 20-as indexérték esetében 14-15 napos virágzástartamok jellemzőek, 200 körüli Huglin-index értéknél már csak 8-10 napos virágzástartamokat figyelhetünk meg. 200 fölötti indexértéknél mérséklődik a virágzástartam csökkenésének mértéke (14. ábra).

12. ábra



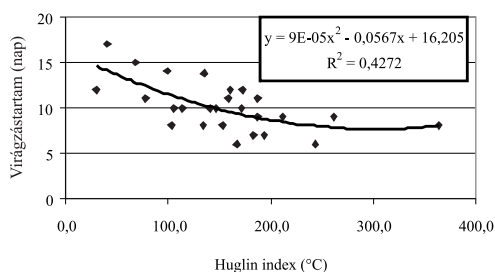
A virágzástartam és a virágzás alatti időszak átlagos maximum hőmérsékletének kapcsolata 'Debreceni bőtermő' meggyfajta esetében, Újfehértó, 1983–2008

13. ábra



A virágzástartam és a virágzás alatti időszak Winkler-indexének kapcsolata 'Újfehértói fűrtös' meggyfajta esetében, Újfehértó, 1983–2008

14. ábra



A virágzástartam és a virágzás alatti időszak Huglin-indexének kapcsolata 'Újfehértói fűrtös' meggyfajta esetében, Újfehértó, 1983–2008

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) BÉKEFI ZS. – APOSTOL J. – BORONKAI G. (2000): *Acta Hort.* 538:117-122. pp. (2) HUGLIN, P. (1978): Nouveau mode d'évaluation des possibilités héliothermique d'un milieu viticole C.R. Acad. Agric. 1117-1126. pp. (3) HUGLIN, P. (1986): *Biologie et ecologie de la vigne*. Payot Lausanne. Paris: 372. (4) KELLERHALS, M. (1986): *Schweiz. Zeitschrift für Obst- und Weinbau*. 122(13):363-371. pp. (5) MALIGA P. (1953): *MTA. Agrártud. Oszt. Közl.* 3(1-2):177-215. pp. (6) NYÉKI J. (1974a): Meggyfajták virágzása és termékenyülése. Kandidátusi Értekezés. (kézirat) MTA, Budapest (7) NYÉKI J. (1974b): Meggyfajták termékenyülése. *Kert. Egy. Közl.* 38:147-159. pp. (8) NYÉKI J. (1989): Csonthéjas gyümölcsűek virágzása és termékenyülése. MTA Doktori Értekezés, (kézirat) Budapest (9) NYÉKI J. – SZABÓ Z. – ANDRÁSFALVY A. – SZABÓ T. – SOLTÉSZ M. – KOCSISNÉ MOLNÁR G. (1998): *Acta Hort.* 468:595-602. pp. (10) NYUJTÓ F. (1966): Az FM. és a Kert. és Szőlészet Tud. Tanácsadója. Csonthéjasok. Budapest, 5-9. pp. (11) PEJKIC, B. (1966): *Rev. Res. Work. Fac. Agric. Univ. Beograd* 14(422):1-8. pp. (12) RITIŰ, C. (1975-76): *Lucrari Stiintifice*. 18-19(197): 109-112. pp. (13) SOLTÉSZ M. (2000): Gyümölcsfajok virágzási sorrendje. „Lippay János – Ormos Miklós – Vass Károly” Tudományos Ülésszak. Budapest. Összefoglalók, Kertészettudomány, 288-289. pp. (14) WINKLER, A. J. – COOK, J.S. – KIEWER, W. M. – LIDER, L. A. (1974): *General Viticulture*. P143-144. University of California Press, Berkeley (15) WOCIÓR, S. (1976): *Tozn. Nauk. Roln.* 101(3):7-16. pp.

A BÚZA- ÉS KUKORICATERMELÉS ÖKOLÓGIAI FELTÉTELEINEK ÉRTÉKELÉSE

PÉTER BÉLA – MIKA JÁNOS

Kulcsszavak: búza, kukorica, ökológiai feltételek, értékelés.

ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A múlt megértése segítheti a termőterület minősítését, hiszen a termést a talaj mellett elsősorban az időjárás ingadozásai alakítják. A potenciális hozam átlagos és szélső értékein alapuló, komplex értékelés befolyásolhatja az adott területen preferált növény, azon belül a legkedvezőbb fajta megválasztását és a tápelem-gazdálkodást.

A múlt tényleges és potenciális terméseinek hányadosát megismerve, azok rámutatnak az agrotechnika olyan (évente valószínűleg eltérő) mozzanataira, amelyek korrigálásával a tényleges termés hosszabb táv átlagában is növelhető.

Adott termelési ciklusban az eljárás elsősorban akkor nyújt hasznos információt, amikor az időjárási történések egy része már lezajlott, s azok hatása megjelent a termésben. Emellett az eljárás felhasználható a jövőbeli időjárás alternatív termés-forgatókönyvekbe foglalása útján is, hasonlóan ahhoz, ahogyan a hazai vízgazdálkodási gyakorlat előre becsli a Balaton vízszintjét. Az időjárási jövő beépítése történhet a további hónapok és elemek átlagos, illetve szélsőséges értékei feltételezésével, de megvalósulhat az Európai Középtávú Előrejelző Központ (ECMWF) előrejelzésein alapuló, hat havi prognózisok (OMSZ, Budapest) alapján is. Mindkét közelítés elvben tovább javítható azzal, hogy a havi éghajlati anomáliákban is van bizonyos korlátozott megmaradási hajlam (hőmérséklet), illetve kiegyenlítésre törekvés (csapadék).

Adott termelési ciklusban választott agrotechnika további terméstöbblethez segítheti a gazdálkodót, ha elvégezte a második bekezdés szerinti alkalmazást, és annak tanulságait szembeesíti a termelési ciklus addigi időjárásával. További javulást ígér, ha bizonyos agrotechnikai mozzanatokot a harmadik bekezdés figyelembevételével valósítanak meg.

A jövőre vonatkozó tervezés alapja, hogy változnak az éghajlat és – általában ennél lassabban – a talaj tulajdonságai. Az éghajlat alakulásának hazai trendjei például a kukorica tenyészidőszaki csapadékának csökkenését, a hőmérséklet erőteljes emelkedését, továbbá a napfénytartam ezzel párhuzamos növekedését valószínűsítik. Stratégiai növényeink termésmeglehetőségeinek várható alakulását ma már változatos metodikával készült regionális éghajlati forgatókönyvekre alapozva becsülhetjük. A következő évtizedekre így felkészülve fontos döntések hozhatók, különösen a jelenleg – bármilyen előjellel – marginális eredményességű zónákban.

Természetesen a fenti megfontolások igazán akkor hasznosak, ha alkalmazóik saját gazdaságuk ökológiai adottságait megismerve, az eredményeket más gazdasági feltételekkel együtt, komplex költség-haszon közelítésben számszerűsítik. Az eljárás bemutatott mértékű potenciálja a termés megfogásában ezen elemzések tükrében lesz igazán értékelhető.

BEVEZETÉS

Országosan értékeljük mindkét stratégiai növényünkre azt az eljárást, amit korábban három dél-dunántúli megyére és csak a kukoricára ismertettünk (Péter *et al.*, 2007). Az akkori eljárás csupán két ponton módosult: (i) Valószínűbbek lettek a talaj évenkénti tápanyag-ellátottsági szorzói, az ezt taglaló tudományos monográfia grafikonjaira támaszkodva, valamint (ii) minden eddigi kézi értékadást az eljárást pontosan végrehajtó képlettel váltottunk ki. Az eljárás a két növény potenciális termésmennyiségét az adott évjárat termelési ciklusának időjárásával, valamint a termőhely talajának állandó termőerejét, illetve aktuális tápanyag-ellátottságát együttesen többváltozós, nem lineáris függvényekkel jellemzi.

Írásunkban az eljárást röviden ismertetjük, utalva annak korábbi, részletes leírására (Péter *et al.*, 2007). Mostani közleményünk fő üzenete az eljárás verifikálása 19 megye 31 évre (1976–2006) kiterjedő, tényleges kukorica és búza termésátlagai alapján. Elsőként röviden ismertetjük az eljárás metodikáját, különös tekintettel a talajpontértékre és a tápanyag-ellátottság időben változó hatásaira. Ezt a pontot a 31 év során előfordult szélsőségek bemutatása követi, mind a potenciális termésből, mind a tényleges betakarított értékből kiindulva. A két tényező hányadosa egyfajta mutatója a termesztés hatékonyságának, ami ugyancsak széles határok között ingadozhat.

A módszer alkalmasságát verifikáló következő pont szerint megyénként a tényleges termés és a talaj tápértékével korrigált, potenciális hozam közötti, 0,31 és 0,84 közé eső (a 19 megye átlagában 0,58) korrelációs együtthatók minősítik a kukorica esetében, illetve 0,32 és 0,69 közé eső (a 19 megye átlagában 0,55) együtthatók jellemzik a búza esetében. Ezek a számok azonban nem tükrözik a talajok különbözőségének hatását, hiszen egy adott megyében minden évben ugyanaz a talaj szorzója. Ha ezt a fontos komponens is figyelembe vesszük, akkor az 589 elemű min-

tákban (31 év \times 19 megye) a korreláció rendre 0,65, illetve 0,61 a kukorica és a búza vonatkozásában. A tényleges és a korrigált potenciális termés közötti regressziós együtthatók rendre 0,29 és 1,07 közé esnek a kukorica esetében (átlagban 0,73), illetve 0,23 és 0,91 közé a búza esetében (itt az átlag 0,63). A talaj hatását is érvényre juttató összevonásban a regressziós együtthatók 0,83, illetve 0,71 a két növény fenti sorrendjében.

Az eljárás egyik lépésében előálló klíma-együtthatók komplexen értékelik a termelési ciklus időjárásának halmozott hatását. E mutató szerint megyénként a „nagyon rossz”-tól a „kiváló”-ig 8 kategóriába soroltuk az évjáratokat. Ennek alapján minden megyére és magyarországi régióra megadjuk, hogy melyik kategóriába hány százaléka esett a vizsgált 31 évnél.

Tanulmányunk végén az eljárás néhány alkalmazási lehetőségére is rámutatunk. Ezek egy része teljesen ki tudja használni az eljárás termésmagyarázó képességét, mivel bennük az éghajlati tényezőket a teljes termelési ciklusok lezárulta után, pontosan ismerhetjük. Néhány más alkalmazásban a termelési ciklus már eltelt hónapjaiban rejlő információt tudjuk felhasználni, valamint azt, hogy a havi éghajlati anomáliákban is van bizonyos korlátozott megmaradási hajlam, illetve kiegyenlítésre törekvés.

A TERMÉSBECSLŐ MÓDSZER

Az időjárás hatását a mezőgazdasági kultúrákra sokféle módon próbálja számszerűsíteni az agrártudomány. A módszerek sikere általában azon múlik, hogy kidolgozóik mennyire ismerik az adott növényt, és attól, hogy milyen gazdag matematikai apparátust tudnak kezelni és valós adatokkal ellátni, amivel szimulálhatják az éghajlat és a termés összefüggésének bonyolultságát, nemlineáris (a hatások egymástól függő) jellegét. Eljárásunk, amelyet Péter Béla korábban kidolgozott, mindkét feltételt igyekszik maximálisan kielégíteni.

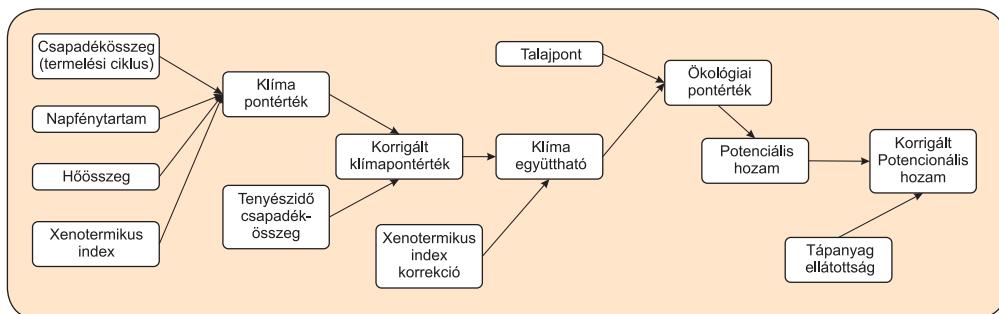
1. táblázat

A klímaegyüttható meghatározásában szerepet játszó éghajlati elemek és időszakok

Éghajlati elemek	Kukorica	Búza	Megjegyzés
TC* csapadéka (mm és 31 év %-ában)	előző év okt. 1. – szept. 30.	előző év júl. 1. – jún. 30.	
TC* napsütéses órák száma (óra)	előző év nov. 1. – okt. 31.	előző év aug. 1. – júl. 31.	a csapadék függvényében
TC* hőmérsékleti összege (°C)	előző év nov. 1. – okt. 31.	Előző év aug. 1. – júl. 31.	a csapadék függvényében
Xerotermikus index (csap./hőm.)	júl. 1. – aug. 31.	ápr. 1. – máj. 31.	további szerep a klímaegyütthatóban is
Tenyészydőszak csapadéka (TC %-ában)	márc. 1. – aug. 31.	jan. 1. – jún. 31.	ha TC csapadéka az átlag 90%-a alatt

*TC = termelési ciklus az adott növényre vonatkozóan

1. ábra



A termésbecslő eljárás lépéseinek folyamatábrája

Az eljárás ismertetésében használt fontosabb kifejezések:

Termelési ciklus: Növényenként vesszük figyelembe az elővetemény betakarításától a vizsgált növény termésének betakarításáig terjedő időszakot.

Talajpontérték: Eljárásunkban a talajok pontértékét a talajtípus, a kémhatás, fizikai állapot, a vízgazdálkodási sajátosságok, a humusztartalom, termőréteg vastagsága alakítja ki, optimális tápanyag-feltöltöttségi szintet feltételezve. Ha ez a szint eltér az optimálistól, a talajpontértéket 0,7 és 1 közötti tényezővel korrigáljuk.

Klímaegyüttható: Az állandó talajpontérték hasznosulását befolyásoló, az 1976–2006. évek tapasztalata szerint mindkét vizsgált növényre 0,7 és 1,7 között változó (országos átlagban a kukoricára és a búzára is 1,17) módosító tényező. A klímaegyütthatót egyértelmű függvénykapcsolattal a *klímapontérték*ből származtatjuk. Ez utóbbi egy közbenső munkaváltozó, amit az eljárás négy tényező, a csapadék, a hőmérséklet, a xerotermikus index és a napfénytartam járulékaiból számított pontértékek alapján összegez, majd további lépésekben korrigál.

Ökológiai pontérték: A talajpontérték és a klímaegyüttható szorzata, a két feltétel hatásának együttes, arányos figyelembevételét szolgálja a potenciális hozam meghatározása érdekében.

Potenciális hozam: Az ökológiai pontérték alapján növényenként meghatározott termésmennyiség.

Tényleges termés: Az állandó talaj- és változó klíma-(időjárási)feltételek által lehetővé tett potenciális hozamból az adott agrotechnikai színvonal mellett betakarított mennyiség.

A meteorológia bekapcsolódásával némiképp módosult eljárást nyomtatásban elsőként Péter *et al.* (2007) ismertették. Az eljárás lényegét, az ott leírtakat jelentősen rövidítve, az alábbiakban foglaljuk össze. A növény (a jelen írásban kukorica-) termesztés sokféle tényezőjét az eljárás két csoportba foglalva, az alábbi formában fejezi ki:

$$Y = a^* \cdot P, \quad (1)$$

ahol Y a ténylegesen betakarított termés;

a^* az *agrotechnika* (növényvédelem, talajművelés stb.) évről évre változó hatása;

P a *potenciális hozam*, ami tökéletes agrotechnikát feltételezve, az adott év időjárása és az adott hely talajtulajdonságai mellett maximálisan betakarítható.

Eljárásunk a potenciális hozamot az ún. *ökológiai pontérték* alapján becsüli, ami két tényező, a *talajpontérték* és a *klímaegyüttható* szorzataként áll elő. A talajpontérték a talaj termőképességét hét talajfizikai jellemző, a talaj tápanyag-utánpótlása, valamint (konkrét termőhely esetén) a domborzati és kitettség viszonyok alapján számszerűsíti. A klímaegyüttható egy-egy évjárat időjárását a hőmérséklet, a csapadék, a napfénytartam havonkénti értékeiből, valamint más, ezekből származtatott mennyiségekkel jellemzi. A talajpontérték növénytől független mennyiség, míg a klímaegyüttható származtatása, illetve a figyelembe veendő hónapok növényről növényre változnak (1. táblázat).

Megjegyezzük, hogy minden olyan időjárási kockázat, amit a havi átlagok nem tudnak figyelembe venni (pl. fagyhatás, jégverés, szélkár stb.), ebben a sémában az agrotechnika rovására írható, vagyis az a^* értékét csökkenti. Ugyanakkor a légkör szén-dioxid-tartalmának növekedése olyan termés-növelő tényező, amit eljárásunk szintén az a^* együtthatóban vesz figyelembe, mint az agrotechnikai feltételek fokozatos javulásának lehetséges összetevőjét.

Az 1. ábra bemutatja, hogy milyen lépekben valósul meg a potenciális hozam

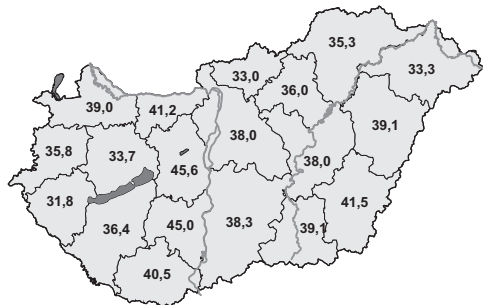
becslése. A klímafeltételek számszerűsítését részleteztük, míg a talaj értékelését egyetlen téglalapként ábrázoltuk. Valójában azonban két párhuzamos, egymástól független műveletről van szó, amelyben a talaj minősítése maga is összetett (ezt a „dobozt” is tovább lehet bontani). Ugyanakkor eljárásunk a meteorológiai feltételek számszerűsítése terén képvisel több újdonságot. Az eljárás hat legfontosabb fogalmát külön *kiemelésben* is összefoglaltuk. (lásd 46. o.).

A TALAJ MINT ÖKOLÓGIAI FELTÉTEL JELLEMZÉSE

A talaj az időjárással egyező mértékben szabályozza a potenciális termés alakulását, azonban ez a hatás az egyes évjáratok között csak kevéssel változik. Ezt a tényt az eljárás egy állandó és egy változó tényező szorzataként veszi figyelembe. Az állandó tényezőt Péter *et al.* (2007) részletesen ismertették, s annak megyénkénti átlagos értékei a 2. ábrán láthatók.

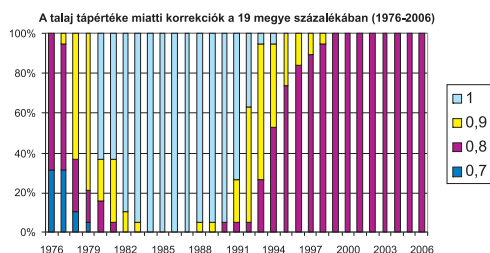
A talaj aktuális tápanyag-ellátottságára nézve hatóanyagokként közelítő becslések állnak rendelkezésre 2003-ig (Kovács – Csathó, 2005). A talajok megyénkénti tápanyag-ellátottságát e kötet megfelelő ábráinak figyelembevételével állapítottuk meg, egyben 2006-ig kiegészítve az adatsorokat. Ezek az évenként és megyénként kicsit vál-

2. ábra



A 19 megye állandó talajpontértékei, az időtől (évjáratától) és a célnövénytől függetlenül

3. ábra



**A talaj termőképességének alakulása
a tápanyag-ellátottság változásai
következtében (mindkét növényre
azonosan, 1976–2006)**

tozó számsorok kerültek alkalmazásra mind a kukorica, mind a búza potenciális termésének korrekciójaként.

Az eredeti közleményben (Péter *et al.*, 2007) szerepelt eredmények még olyan tápanyag-korrekció mellett születtek, amely az 1976–1977-es, valamint 1990–2003-as évekhez 0,8-as, minden más évhez 1,0-ás korrekciót rendelt. Ha ezeket a számokat összevetjük a 3. ábrával, amely a tápanyag-ellátottsági mutatók évenkénti alakulását országosan összesíti, akkor láthatjuk, hogy a mostani ér-

tékadások sokkal finomabban, azaz realisztikusabban követik a tápelem-ellátottságot integráló, valószínű termőképességet. Ugyanígy látható, hogy a visszaesés csak néhány évvel a rendszerváltás után jelenik meg a termőképességben.

**AZ ÖKOLÓGIAI MUTATÓK
ÁTLAGÉRTÉKEI ÉS SZÉLSŐSÉGEI**

Elsőként, a 2. táblázatban megmutatjuk, hogy milyen átlagos pontértékekkel jellemezhetők az egyes éghajlati elemek, valamint az eljárás további lépései az ökológiai pontérték kedvező vagy kedvezőtlen volta szerint szétválasztott öt kategóriában.

Ezt követően pedig a 3. és 4. táblázatban megmutatjuk, hogy a kiemelésben szereplő öt legfontosabb mutató milyen átlagos, illetve abszolút szélső értékeket vett fel a vizsgált 1976–2006-os időszakban. Ebből megállapítható, hogy az országos átlag körül mindegyik mutató mindkét növény esetében széles sávban ingadozott (még így, megyei átlagokban is).

2. táblázat

**Az egyes éghajlati elemek pontértékei az ökológiai pontérték öt minőségi kategóriájában,
a kukorica (felül) és a búza (alul) esetében, országos összesítés (1976–2006)**

	Tény/ potenciál- hányados	Csapadék- pontérték	Napfény- pontérték	Hősszeg- pontérték	Xerotherm. index	Klíma- pontérték	Klíma- együtt- ható	Talaj-pont	Ökológiai pontérték	Potenciális hozam t/ha	Termés- átlag t/ha
Kukorica											
60,0 felett	13,1	10,1	9,3	12,2	44,8	1,53	42,2	64,2	11,06	7,12	0,64
50,1–60,0	11,1	8,4	7,5	9,5	36,5	1,38	39,6	54,4	9,88	6,16	0,62
40,1–50,0	9,1	6,9	5,0	7,3	28,3	1,21	37,6	45,1	8,77	5,35	0,61
30,1–40,0	5,8	5,7	4,7	4,0	20,1	0,97	36,9	35,5	7,62	4,48	0,59
30,0 alatt	3,8	5,4	3,4	1,6	14,1	0,81	34,5	27,9	6,71	3,66	0,54
Átlag	8,5	6,9	5,6	6,7	27,7	1,17	37,9	44,3	8,68	5,27	0,60
Búza											
60,0 felett	11,9	10,1	7,9	10,3	40,2	1,45	43,6	62,9	7,99	4,80	0,60
50,1–60,0	10,7	8,7	7,3	9,0	35,7	1,37	39,8	54,4	7,49	4,51	0,60
40,1–50,0	8,8	6,9	5,1	7,3	28,2	1,20	37,7	45,0	7,01	4,23	0,60
30,1–40,0	6,0	5,8	4,6	4,9	21,3	0,98	36,2	35,5	6,53	4,00	0,61
30,0 alatt	3,5	5,0	4,9	2,4	15,7	0,81	34,8	28,2	6,17	3,36	0,54
Átlag	8,3	7,1	5,6	6,9	27,9	1,17	37,9	44,4	6,99	4,22	0,60

Ugyanakkor az is megfigyelhető, hogy a gyenge, vagy éppen kiemelkedő kukorica- és búzatermésért nemcsak a természet (az éghajlat) ingadozása okolható. Az 589 vizsgált eset (31 év × 19 megye) közül a legalacsonyabb tényleges megyei termésátlagok ugyanis nem a legrosszabb (noha ahhoz közeli) ökológiai feltételek között alakultak ki, hanem olyan évben és megyében, ahol a tényleges termés a potenciális hozamnak csupán 27%-át (kukorica), illetve 25%-át (búza) realizálta. (Az eljárás azt nem tudja megmutatni, hogy ezeket az értékeket valamilyen további időjárási

hatások okozták, vagy termesztési hibák következményei.)

Ugyanígy, az abszolút rekorder termések sem a legnagyobb potenciális hozam évére és megyéjére estek, hanem olyankor, amikor a potenciális termésátlagnál jóval magasabb, 78%-a, ill. 89%-a realizálódott.

A klímaegyütthatók között több mint kétszeres a különbség a legjobb és a legrosszabb év között. Az ökológiai pontértékben az arány a kukoricánál háromszoros, és a búzánál sem sokkal kisebb ennél. (A következő oszlopban az arányok a tápanyag-korrekciónak miatt mások.)

3. táblázat

A megyei éghajlati és talajmutatók, valamint a kukorica-termésátlagok szélső értékei (1976–2006). A középső három oszlop a potenciális hozam, a záró oszlopok pedig a tényleges termés szerinti szélsőségeket mutatják.

A két csoportban az országos átlagok azonosak

Min./Max.	Talaj pontérték	Klíma együttható	Ökológiai pontérték	Potenciális hozam (t/ha)	Ott a ténytermés (t/ha)	Arány (%)	Tényleges szélső term. (t/ha)	Potenciális hozam (t/ha)	Arány (%)
Legkisebb	31,6 Zala	0,70 Komárom, 1978	24,4 Nógrád, 1990	6,29 Nógrád, 1990	2,34 u.a.	37 u.a.	1,83 Heves, 1993	6,73 u.a.	27 u.a.
Legnagyobb	45,6 Fejér	1,66 Jász- Nagykun- Szolnok, 1999	73,9 Fejér, 2005	12,21 Fejér, 2005	9,01 u.a.	74 u.a.	9,39 Tolna, 2005	12,10 u.a.	78 u.a.
Országos átlag	37,9	1,17	44,3	8,68	5,27	61**	u.a.	u.a.	u.a.

* Tápanyag-korrekciónélkül.

** Az arány nemcsak az átlagok hányadosában, de a hányadosok átlagában 60%.

4. táblázat

A megyei éghajlati és talajmutatók, valamint a búza termésátlagok szélső értékei (1976–2006) (az értelmezést lásd az 1. ábránál! A talajpontértékek a két növényre azonosak)

Min./Max.	Talaj pontérték	Klíma együttható	Ökológiai pontérték	Potenciális hozam (t/ha)*	Ott a ténytermés (t/ha)	Arány (%)	Tényleges termés (t/ha)	Potenciális hozam (t/ha)*	Arány (%)
Legkisebb	31,6 Zala	0,74 Borsod és Heves, 1993	25,7 Nógrád, 1992	6,05 Nógrád, 1992	3,59 u.a.	59 u.a.	1,60 Heves, 2003	6,38 u.a.	25 u.a.
Legnagyobb	45,6 Fejér	1,62 Borsod, 2005, Hajdú, 2006	68,4 Tolna, 1998	8,32 Tolna, 1998	4,84 u.a.	58 u.a.	6,46 Fejér, 1984	7,27 u.a.	89 u.a.
Országos átlag	37,9	1,17	44,4	6,99	4,22	60**	u.a.	u.a.	u.a.

* Tápanyag-korrekciónélkül.

** Ez az arány 19 megye × 31 év hányadosainak átlagában is ugyanennyi.

5. táblázat

A tényleges kukoricatermés és a korrigált potenciális hozam közötti lineáris kapcsolat korrelációs együtthatói, ezek négyzete, azaz a variancia csökkenése (%), valamint a regressziós együtthatók (1976–2006)

(Kiemeltük a legjobb, illetve leggyengébb korrelációt mutató két-két megyét, amelyek a 4. ábrán szerepelnek.) A 31 elempár esetében a szignifikancia-küszöb 95%-os szinten 0,35, 99%-on 0,48. Tehát 15 megyében 99%-os, 3 megyében pedig 95%-os valószínűséggel beszélhetünk a bizonytalanságot csökkentő, valódi termésbecslésről.

Egy megyében ennél gyengébb, 90%-os szignifikanciájú az eljárás teljesítménye

Terület		Tényleges és potenciális termés		
Megye	Meteorológiai állomás	Korrelációs együttható	Bizonytalanság-csökkenés (%)	Regressziós együttható
Bács-Kiskun	Kecskemét	0,49	0,24	0,83
Baranya	Baranya	0,45	0,20	0,51
Békés	Békéscsaba	0,84	0,71	1,07
Borsod-Abaúj-Zemplén	Miskolc	0,57	0,33	0,75
Csongrád	Szeged	0,70	0,50	0,70
Fejér	Martonvásár	0,35	0,12	0,52
Győr-Moson-Sopron	Mosonmagyaróvár	0,70	0,48	0,81
Hajdú-Bihar	Debrecen	0,73	0,54	0,91
Heves	Kompolt	0,65	0,42	0,88
Jász-Nagykun-Szolnok	Szolnok	0,71	0,50	1,02
Komárom-Esztergom	Győr	0,55	0,30	0,70
Nógrád	Vámosmikola	0,43	0,19	0,48
Pest	Budapest	0,57	0,32	0,71
Somogy	Somogy	0,31	0,09	0,29
Szabolcs-Szatmár-Bereg	Nyíregyháza	0,59	0,35	0,75
Tolna	Tolna	0,53	0,28	0,66
Vas	Szombathely	0,67	0,45	0,85
Veszprém	Pápa	0,66	0,44	0,85
Zala	Nagykanizsa	0,52	0,27	0,53
Átlag (területi súlyozás nélkül)		0,58	0,35	0,73
Országosan (598 év * megye)		0,65	0,43	0,83

A TERMÉSBECSLŐ MÓDSZER VERIFIKÁLÁSA

A fenti (1) formulában mindhárom tényező évről évre változik. Mivel a jobb oldalon az agrotechnika a^* hatását évről évre csak a tényleges és a potenciális hozam hányadosaként tudnánk kifejezni, vagyis ezen az úton nem juthatunk új információhoz, célszerű a termés becsléséhez a gyakorlatban az alábbi, módosított összefüggést használni:

$$Y = a \cdot P + b + \varepsilon, \quad (2)$$

ahol a a regressziós együttható, amely megmutatja, hogy 1 t/ha potenciális termés-növekedés átlagosan milyen arányban realizálódik a valóságban;

b a regressziós állandó, a zérus potenciális hozamhoz tartozó tényleges termés;

ε a lineáris kifejezés első két tagjával való közelítés évről évre változó hibája.

A (2) formulában a és b értékeit úgy választjuk meg, hogy az ε négyzete a vizsgált időszak átlagában a lehető legkisebb érték legyen. Ha ez az (E) átlagos négyzetes hiba sokkal kisebb, mint a tényleges termés évről évre ingadozó Y értékének a sokévi átlagtol $(Y_{\text{át}})$ vett $(Y - Y_{\text{át}})^2$ négyzetes eltéréséből képzett (E_o) átlag, akkor elmondhatjuk, hogy a (2) formulával történő becslés segítségével lényegesen tudtuk csökkenteni a termés bizonytalanságát. Mármint, az alkalmazott li-

6. táblázat

Mint a 4. táblázat, a búza esetében. (Kiemeltük az 5. ábrán szereplő megyéket.)

A 4. táblázatnál jelzett szignifikancia-szintek értelmében 15 megye 99%-os, 2 megye 95%-os szinten szignifikáns. Ugyanakkor két megyében a korrigált potenciális termésmagyarázó képessége csak 90%-os szinten szignifikáns

Terület		Tényleges és potenciális termés		
Megye	Meteorológiai állomás	Korrelációs együttható	Bizonytalanság-csökkenés (%)	Regressziós együttható
Bács-Kiskun	Keckskemét	0,57	0,32	0,66
Baranya	Baranya	0,66	0,43	0,61
Békés	Békéscsaba	0,64	0,41	0,80
Borsod-Abaúj-Zemplén	Miskolc	0,58	0,33	0,73
Csongrád	Szeged	0,33	0,11	0,43
Fejér	Martonvásár	0,52	0,27	0,69
Győr-Moson-Sopron	Mosonmagyaróvár	0,63	0,39	0,68
Hajdú-Bihar	Debrecen	0,51	0,26	0,48
Heves	Kompolt	0,66	0,44	0,91
Jász-Nagykun-Szolnok	Szolnok	0,61	0,37	0,83
Komárom-Esztergom	Győr	0,48	0,23	0,59
Nógrád	Vámosmikola	0,66	0,44	0,93
Pest	Budapest	0,69	0,48	0,90
Somogy	Somogy	0,32	0,10	0,23
Szabolcs-Szatmár-Bereg	Nyíregyháza	0,44	0,19	0,46
Tolna	Tolna	0,65	0,43	0,65
Vas	Szombathely	0,60	0,36	0,51
Veszprém	Pápa	0,59	0,35	0,68
Zala	Nagykanizsa	0,37	0,14	0,27
Átlag (területi súlyozás nélkül)		0,55	0,32	0,63
Országosan (598 év * megye)		0,61	0,37	0,71

néaris regressziós eljárás egyik legfontosabb mutatója, az R korrelációs együttható pontosan megadja, hogy mekkora ez a bizonytalanságcsökkenés:

$$1 - E/E_o = R^2 \quad (3)$$

Minél közelebb van tehát a korrelációs együttható (négyzete) az 1-hez, annál kisebb marad az E bizonytalanság a kezdeti E_o -hoz képest. E tulajdonsága miatt a korrelációs együtthatót választjuk a termésbecslő eljárás jóságának igazolására is.

A kukorica esetében a korrelációs együttható értékeit a 19 megyére a 31 év (1976–2006) meteorológiai és talajjellemzői, valamint tényleges termésadatok alapján a 4. táblázatban foglaltuk össze, ahol feltüntettük a regressziós együtthatókat is. A termésértékelő módszer értékét a becsült potenciális, illetve beta-

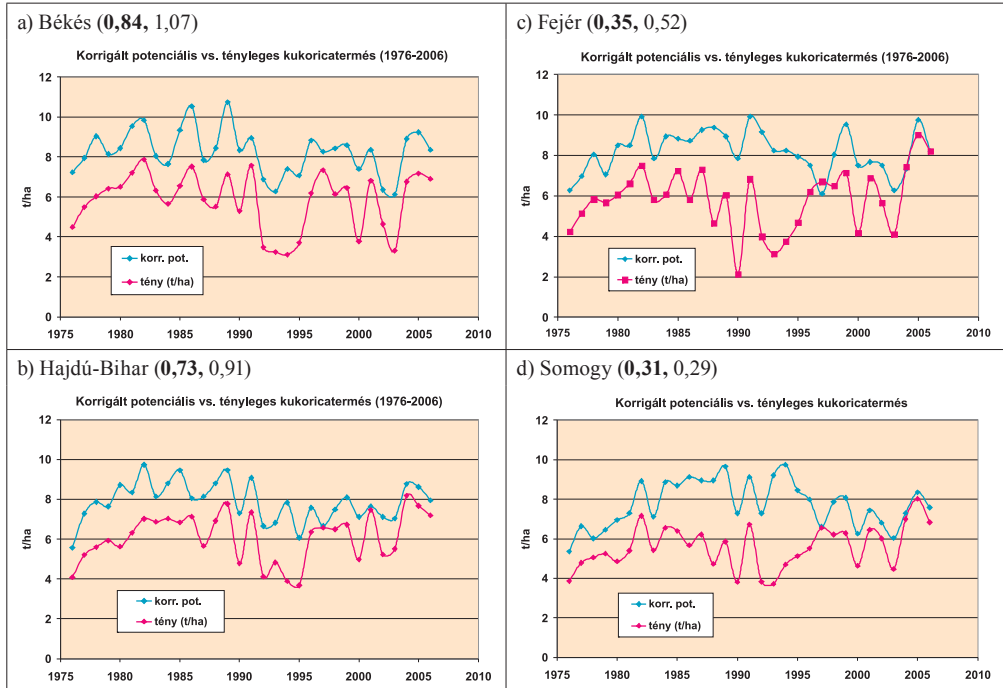
karított, tényleges termés közötti 0,31 és 0,84 közé eső (a 19 megye átlagában 0,58) korrelációs együtthatók minősítik a kukorica esetében, illetve 0,32 és 0,69 közé eső (a 19 megye átlagában 0,55) együtthatók jellemzik a búza esetében. E számok nem tükrözik a talajok különbözőségének hatását, hiszen egy adott megyében ugyanaz a talaj szorozója. Ha ezt a komponenst is figyelembe vesszük, akkor az 589 elemű mintákban a korreláció rendre 0,65, illetve 0,61 a kukorica és a búza vonatkozásában.

A tényleges és a korrigált potenciális termés közötti regressziós együtthatók rendre 0,29 és 1,07 közé esnek a kukorica esetében (átlagban 0,73), illetve 0,23 és 0,91 közé a búza esetében (itt az átlag 0,63). A talaj hatását is érvényre juttató összevonásban a regressziós együtthatók 0,83, illetve 0,71 a két növény fenti sorrendjében.

4. ábra

Példák a korrigált potenciális és a tényleges kukoricatermés (t/ha) megyei átlagainak kapcsolatára

A két-két legmagasabb, illetve legalacsonyabb korrelációs együtthatót mutató megyék.
(A megyék nevei utáni zárójelekben az első szám a korrelációs, a második a regressziós együtthatót mutatja.)



Amint ezt az 5. és 6. táblázat feliratában már érzékeltettük, a kukorica esetében a tápanyag-ellátottsággal korrigált potenciális termés ingadozása minden megyében legalább 95%-os szinten szignifikánsan közelítette a tényleges termést. Sőt, 16 megyében ez a szint meghaladta a 99%-ot. Ugyanakkor a búza becslésének az eredménye már kevésbé kedvező. Itt négy megye is akadt, ahol a közelítés 95%-os szinten sem szignifikáns.

A 4. és az 5. ábrán két-két megyét kiválasztva, mindkét növényre bemutatjuk, hogy mennyire futottak együtt a tényleges és a potenciális termések a vizsgált 31 évben. Az ábra bal oldalán a legszorosabb, míg a jobb oldalán a leglazább kapcsolat grafikonjait tüntettük fel. Emellett egy-egy

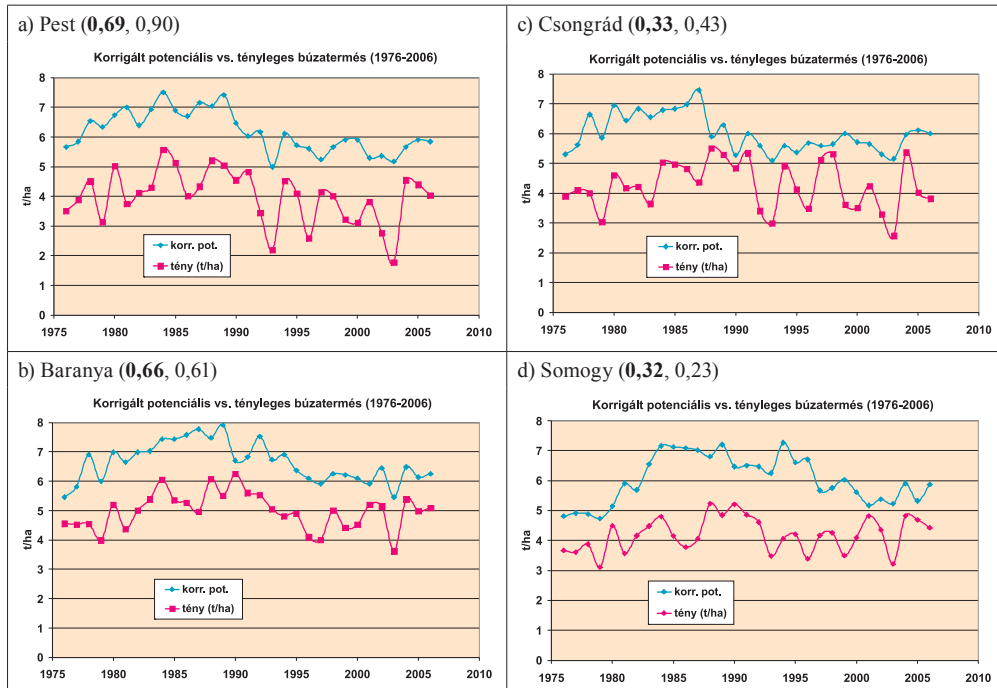
szintén magas, illetve alacsony, de a bal oldalon viszonylag alacsony, a jobb oldalon viszonylag magas regressziós együtthatójú megyéket mutatunk be. A korrelációs együttható a két görbe emelkedési és csökkenési közötti párhuzam szorosságát jellemzi, míg a regressziós együttható a két görbe meredekségének egymáshoz közeli voltát minősíti.

A kukoricánál (4. ábra) a két legjobb megye az évközi termésingadozás jól eltalált voltát illusztrálja, azt, hogy a korrigált potenciális termés jól közelíti (felülről) a tényleges termés alakulását. Ezen belül a gyengébbik regressziós együtthatójú megye (Csongrád) esetében megfigyelhető, hogy amíg a tényleges termés 31 éves trendje stagnáló, esetleg csökkenő, addig a

5. ábra

Példák a korrigált potenciális és a tényleges búzatermés (t/ha) megyei átlagainak kapcsolatára

A magas, illetve alacsony korrelációs együtthatót mutató megyék, mellettük a második helyen nem feltétlenül a második legjobb, hanem egy hasonlóan magas korrelációt, de alacsony regressziót mutató megyét emeltünk ki. (A megyék nevei utáni zárójelekben az első szám a korrelációs, a második a regressziós együtthatót mutatja.)



potenciális termésben növekvő a tendencia. A mérsékeltbb korrelációs együtthatójú megyepár (jobb oldal) ábráin a két görbe futása egyes szakaszokon meglehetősen párhuzamos, míg más időszakokban teljesen független egymástól.

A búza (5. ábra) legjobb megyéi esetében a fentihez hasonló megfigyelés tehető, talán azzal a különbséggel, hogy Tolna megyében az 1-től távoli regresszió nem annyira a trend elvételében, hanem az 1980-as évek termésének egyértelmű túlértékelésével magyarázható. A gyengébb együtthatójú mintákban az elvett (a tényleges termékkel ellentétes irányú) anomáliák megjelenése még nagyobb arányú, mint a kukorica kiválasztott párpai esetében.

AZ ÉVJÁRATOK ÖSSZESÍTETT ÉGHAJLATI ÉRTÉKELÉSE A MEGYÉKBEN ÉS A RÉGIÓKBAN

Számításaink közül utolsóként azt mutatjuk be, hogy miképpen lehet az eljárás alapján az egyes klímaéveket minősíteni, és mi ennek a minősítésnek az eredménye a 19 megye és a 7 magyarországi régió esetében az 1976–2006-os évek átlagában. Ennek a beosztásnak az alapja a klímaegyütthatók értékegyüttesének egyenletes felosztása, ami 0,91 és 1,50 között a határokat egyenletesen 0,1-ével léptetve, hat belső osztályt eredményezett. További egy-egy osztályt adtak az ezen határnál magasabb, illetve alacsonyabb értékek.

A 7. táblázatban megmutatjuk a kukorica osztályba sorolásának eredményeit. Ha az

7. táblázat

A kukorica klímaegyütthatóinak aránya (%) az ország megyéiben és régióiban (1976–2006)

A véletlen aránynál 50%-kal kisebb számokat *dőlt számmal*,
az ennyivel nagyobbakat *aláhúzva* jelöltük.

Kukorica (%)	Nagyon rossz	Rossz	Gyenge	Közepes	Jó közepes	Jó	Nagyon jó	Kiváló	Összes	Átlagos
Megye/régió	0,91 alatt	0,91–1,0	1,01–1,10	1,11–1,20	1,21–1,30	1,31–1,40	1,41–1,50	1,50 felett	%	klíma-együtt-ható-pont
Pest	23	13	23	6	13	16	0	6	100	1,11
Közép-Magyarország	23	13	23	6	13	16	0	6	100	1,11
Fejér	19	16	39	13	6	0	0	6	100	1,06
Komárom-Esztergom	16	6	29	16	10	16	3	3	100	1,14
Veszprém	13	13	10	10	23	6	16	10	100	1,21
Közép-Dunántúl	16	12	26	13	13	8	6	6	100	1,14
Győr-Moson-Sopron	16	3	16	26	26	3	3	6	100	1,15
Vas	3	6	19	23	19	19	6	3	100	1,21
Zala	6	3	6	6	29	3	32	13	100	1,32
Nyugat-Dunántúl	9	4	14	18	25	9	14	8	100	1,23
Baranya	6	3	16	10	6	29	23	6	100	1,28
Somogy	6	6	6	10	19	32	13	6	100	1,27
Tolna	6	19	3	19	13	23	10	6	100	1,22
Dél-Dunántúl	6	10	9	13	13	28	15	6	100	1,26
Borsod-Abaúj-Zemplén	26	10	10	10	19	13	0	13	100	1,14
Heves	19	10	13	29	3	13	3	10	100	1,15
Nógrád	29	13	16	19	10	6	0	6	100	1,07
Észak-Magyarország	25	11	13	19	11	11	1	10	100	1,12
Hajdú-Bihar	13	6	10	19	19	19	6	6	100	1,21
Jász-Nagykun-Szolnok	26	13	19	13	6	6	3	13	100	1,12
Szabolcs-Szatmár-Bereg	23	10	16	10	19	13	10	0	100	1,12
Észak-Alföld	20	10	15	14	15	13	6	6	100	1,15
Bács-Kiskun	23	16	16	13	13	6	10	3	100	1,11
Békés	16	10	10	16	6	13	19	10	100	1,21
Csongrád	32	6	13	6	16	13	3	10	100	1,12
Dél-Alföld	24	11	13	12	12	11	11	8	100	1,15
Összesen	17	10	15	14	15	13	8	7	100	1,17

egyes megyék és térségek átlagainál az országosan (a megyék területi súlyát figyelmen kívül hagyva) átlagolt 1,17-nél magasabb értékek jobbra Nyugat- és Dél-Dunántúlon jellemzők (a kevésbé szerencsés Győr-Moson-Sopron megyét Veszprémre cserélve). Az átlagnál kevésbé kedvező megyék Észak-Magyarországon vannak, ám további három térségben is a három régió, valamint Közép-Magyarország (Pest megye) átlaga is kisebb az országos átlagnál.

Országosan a nyolc kategóriába esés gyakorisága többé-kevésbé kiegyenlített. A legritkébb kiváló év (7%) gyakorisága is csaknem fele a legmagasabb értéknek, a 17%-os

nagyon rossz évjáratnak, vagy az alig kevesebb gyenge évnek (15%).

Ha a kukoricatermés évjáratok gyakoriságainak abszolút szélső értékeit keressük, akkor ezeket megyénként a 39%-os gyakoriságú „gyenge” (1,01 és 1,10 közötti együtthatójú) kategóriában találjuk meg Fejér megyében, illetve a három megyét számláló régiókban 28%-kal a „jó” (1,31–1,40 közötti) kategóriában Dél-Dunántúlon.

A búza hasonló eredményeit bemutató 8. táblázatban Dél-Dunántúl mutat egyértelműen magasabb átlagot az országosan jellemző 1,17-nél.

8. táblázat

A búza klímaegyütthatóinak megoszlása az ország megyéiben és régióiban (1976–2006)

A véletlen aránynál 50%-kal kisebb számokat *dőlt számmal*,
az ennivel nagyobbakat *aláhúzva* jelöltük.

Búza (%)	Nagyon rossz	Rossz	Gyenge	Közepes	Jó közepes	Jó	Nagyon jó	Kiváló	Összes	Átlagos
Megye/ <i>régió</i>	0,91 alatt	0,91-1,0	1,01-1,10	1,11-1,20	1,21-1,30	1,31-1,40	1,41-1,50	1,50 felett	%	klíma-együtt-ható-pont
Pest	13	6	16	19	16	23	6	0	100	1,17
Közép Magyarország	13	6	16	19	16	23	6	0	100	1,17
Fejér	19	13	23	13	3	29	0	0	100	1,12
Komárom-Esztergom	13	23	19	16	6	6	13	3	100	1,12
Veszprém	16	13	19	10	10	16	10	6	100	1,16
Közép-Dunántúl	16	16	20	13	6	17	8	3	100	1,13
Győr-Moson-Sopron	13	16	19	16	16	10	3	6	100	1,14
Vas	6	10	23	19	19	16	6	0	100	1,16
Zala	3	6	10	16	6	16	29	13	100	1,30
Nyugat-Dunántúl	8	11	17	17	14	14	13	6	100	1,20
Baranya	0	6	13	3	13	26	26	13	100	1,32
Somogy	6	19	10	6	23	16	16	3	100	1,20
Tolna	0	23	10	16	16	16	16	3	100	1,22
Dél-Dunántúl	2	16	11	9	17	19	19	6	100	1,25
Borsod-Abaúj-Zemplén	13	29	16	6	13	13	3	6	100	1,13
Heves	19	13	13	16	10	19	10	0	100	1,15
Nógrád	16	35	23	3	13	0	6	3	100	1,06
Észak-Magyarország	16	26	17	9	12	11	6	3	100	1,11
Hajdú-Bihar	3	10	19	19	10	23	10	6	100	1,22
Jász-Nagykun-Szolnok	13	13	13	19	16	13	13	0	100	1,16
Szabolcs-Szatmár-Bereg	6	32	19	19	6	10	3	3	100	1,11
Észak-Alföld	8	18	17	19	11	15	9	3	100	1,16
Bács-Kiskun	16	23	10	19	6	13	13	0	100	1,13
Békés	3	13	6	10	19	32	13	3	100	1,25
Csongrád	13	19	10	32	3	19	3	0	100	1,12
Dél-Alföld	11	18	9	20	10	22	10	1	100	1,17
Összesen	10	17	15	15	12	17	11	4	100	1,17

Országosan a nyolc kategóriába esés gyakorisága a búza esetében is többé-kevésbé kiegyenlített, egyedül a „kiváló” kategória gyakorisága lóg ki az eloszlásból a maga csupán 4%-ával. A legmagasabb arányok itt is 17%-osak („rossz” illetve „jó”).

A búzatermés évjáraitai gyakoriságainak abszolút szélső értékeit Nógrád megyében talál-

juk meg 35%-kal a „rossz” kategóriában, míg régióléptékben is a „rossz” évjárat (0,91–1,00 között) viszi a pálmát Észak-Magyarországon, 26%-kal. Megyei léptékben tíz kategória is volt, ami sosem lépett fel a 31 év során. Ebből 2 a nagyon rossz és 6 a kiváló kategóriában. Régióátlagban a Dél-Alföldön csupán 1%-os gyakoriságú volt a „kiváló” kategória.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

(1) Kovács G. J. – Csathó P. (szerk.) (2005): A magyar mezőgazdaság elemforgalma 1901 és 2003 között. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet, Budapest, 260 o. (2) Péter B. – Bella Sz. – Mika J. (2007): A növényi produkció térbeli és időbeli változékonyságának új minősítő rendszere agroklimatológiai mérőszámok alapján. „Klíma 21” Füzetek 50. sz., 44-53. pp.

JÁRMŰVEKEN MEGKÖTÖTT SZÉN-DIOXID GAZDASÁGI ÉS KÖRNYEZETI HATÁSAINAK ELEMZÉSE

ZÁDOR ISTVÁN – TÖRÖK ÁDÁM

Kulcsszavak: közlekedés, járművek, CO₂, CO₂-értékesítés, vegyes üzem.

ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Cikkünkben a járműveken a kipufogógázból megkötött szén-dioxid piaci értékesítésének gazdasági és – a szűrőbetét életciklus-elemzése alapján – környezetvédelmi szempontú elemzéséről adunk számot. Személygépjárműveknél a túlzottan sok típus és a csekély (pénzben kifejezve) megkötött szén-dioxid nem kínál elég motivációt, de busztársaságoknál, melyek „termelt” szén-dioxidjukat értékesíthetik, komoly előnyt jelenthet. A több busszal, flottával rendelkező cégeknél – számításainkat figyelembe véve – mérlegelni lehetne az átalakítások, beruházások előtt a járműveken történő szén-dioxid megkötésének lehetőségét és a regenerálást követő továbbértékesítését is, az alternatív tüzelőanyagokra való átállás mellett. A kipufogógáz szén-dioxid-tartalmának értékesítéséhez elengedhetetlen az állami intézményi és jogrendszer átalakítása. A gazdasági összehasonlítás alapján elmondható, hogy a projektköltségek sokkal kedvezőbbek a vegyes üzemű CNG-re való átállásnál, bár ez a technológia mind szűrőbetét, mind regeneráló egységek tekintetében még nem kiforrott, rengeteg probléma megoldásra vár. Az azonban bizonyított, hogy ezen technológia alkalmazása komoly anyagi hasznot jelent, és a teljes ciklust tekintve is csökkenti a légkör CO₂-tartalmát. A következő lépés, hogy megvizsgáljuk a CO₂ szűrőbetétek (aktív szén, zeolit stb.) kapacitását (mekkora holt terhet jelent a szűrő), regenerálhatóságát. Pontosan megállapítsuk a gépjármű-átalakítások költségeit.

BEVEZETÉS

A társadalom jogos igénye a közúti közlekedésből származó környezetterhelések, károsanyag-kibocsátások minimalizálása. A közlekedési környezetszennyezés hatására Földünk klímája megváltozik; ez hatással van a társadalom és a gazdaság állapotára. A környezetszennyezés jelentős része közlekedési eredetű. A szektoron belül a közúti közlekedés a legnagyobb „károkozó”. Cikkünk témája a közlekedésben részt vevő járműveken való szén-dioxid-megkötéskor fellépő környezeti és gazdasági hatások elemzése. Összegyűjtve az információkat, elemeztük az adatokat az alternatív

fosszilis hajtóanyagok felhasználásával (LPG és CNG) szemben, a nagyvállalatok, magán-személyek és az állam aspektusaiból is.

A környezet változása – beleértve az éghajlatot is – és az ezeket befolyásoló emberi akciók kapcsolatban állnak a társadalommal, a gazdasággal. A közlekedésnek a természeti, a gazdasági és társadalmi környezet által definiált térben kell megfelelnie, úgyhogy gazdaságilag hatékonyan, környezetkímélő módon elégítse ki a társadalom mobilitási igényeit (*Tánczosné, 1994*). Az elmúlt században lejátszódó robbanásszerű – tudományos és technikai – fejlődés olyan eszközöket és technológiai megoldásokat adott az embe-

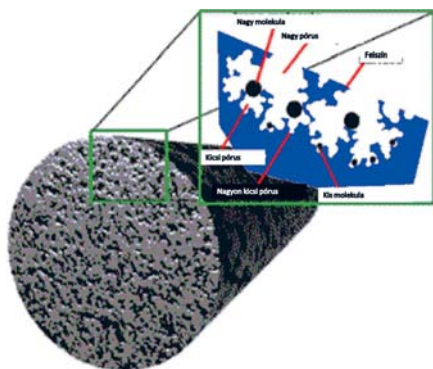
riség kezébe, amelyek hatványozottan növelték meg a környezetbe való beavatkozás hatását. Ennek megoldása a műszaki fejlesztésen, anyagtakarékos technológiák alkalmazásán, megújuló energiaforrások hasznosításán, környezetkímélő közlekedésen és szállításon alapszik. A társadalom jogos igénye a közúti közlekedésből származó környezetterhelések, károsanyag-kibocsátások minimalizálása. A közlekedési környezetszennyezés hatására Földünk klímája megváltozik; ez hatással van a társadalom és a gazdaság állapotára. A környezetszennyezés jelentős része közlekedési eredetű. A szektoron belül a közúti közlekedés a legnagyobb „károkozó”. A motorizáció dinamikus fejlődése olyan jelentős levegő-, talaj- és vízszenyeződést okoz, amely a légkör, a talajfelszín és a vízkészletek gigantikus méreteihez képest is számottevő. A „fenntartható fejlődés” fogalma olyan fejlődést takar, amelynek lényege, hogy a műszaki fejlesztés ütemét és a növekvő fogyasztási igények kielégítését, valamint a Föld nyersanyagkészleteinek és erőforrásainak felhasználását oly módon kell egyensúlyban tartani, hogy az emberiség következő generációinak lehetőségei, életszínvonala és életkörülményei ne legyenek rosszabbak a jelenleginél (Török, 2006). Cikkünk témája a közlekedésben részt vevő járművek átalakításakor fellépő környezeti és gazdasági hatások elemzése oly módon, hogy a járműveken megkötjük a tüzelőanyag égésekor keletkező szén-dioxid nagy részét. Összegyűjtve az információkat, elemeztük ezt az eljárást az alternatív fosszilis hajtóanyagok felhasználásával (LPG és CNG) szemben, mind nagyvállalatok, mind magánszemélyek aspektusából. A projektfinanszírozás eszközeire épülő általunk kidolgozott gazdasági modell tetszőlegesen alkalmazható és validálható egy adott vállalatra, mely talán megkönnyítheti a cégek szemléletváltását és segíthet az állami szerepvállalás reformálásában is. Az LPG (*Liquid Propane Gas*) kémiaiilag propánból és butánból áll. A CNG (*Compressed Natural Gas*) földgáz, ami gyakorlatilag túlnyomórészt metánból áll. A lakosság gázzal

való ellátása során a kibányászott földgázból gyakorlatilag a propánt és a butánt leválasztják és cseppfolyósítják, mivel ez a gázhálózatban nemkívánatos. A CNG gázalmazállapotban tárolható és szállítható, a tároló tartályokban 200 bar körüli nyomás uralkodik, amit tüzelőanyagként való alkalmazáskor gépjárműveknél egy nyomáscsökkentővel 7 barra mérsékelnek. Szívómotoroknál mindkét gáz hajtógázként való alkalmazása során teljesítménycsökkenéssel kell számolni. A szívási és a fojtási viszonyoktól függően a teljesítményvesztés 4-10% közötti lehet. A CNG-nél a helyzet hasonló, csak itt a teljesítményvesztés tipikusan 12-15% körül van. A szén-dioxid-kibocsátást tekintve, aminek a csökkentése az EU egyik fő célkitűzése, a benzinüzemhez képest az LPG mintegy 15%, míg a CNG kb. 25%-kal produkál kevesebbet azonos teljesítményszinten.

EGY ALTERNATÍVA

Korunkban nagyon sok fejlesztés folyik a közlekedési járművek tüzelőanyagainak égése során kibocsátott káros anyagok csökkentésére. A teljesen új energiaforrások, mint a napelem, tüzelőanyag-cella, hibrid járművek kivétel nélkül még nem teljesen kiforrott technológiák, és meglehetősen drágák. Ezen energiaforrások elterjedéséig valószínűleg az LPG és a CNG tüzelőanyagok fogják uralni az átmeneti piacot. Éppen ezért ezen energiahordozók felhasználását fogjuk összehasonlítani a szén-dioxid-megkötési módszerrel mind gazdasági, mind környezetvédelmi szempontból. Az eljárás a szelektív adszorpció jelenségére épül, úgy fokozva az adszorpció hatásfokát, hogy az adszorbeáló felületet mikroporózus szerkezet létrehozásával növeljük meg. Ez úgy valósítható meg, hogy a szénszál-szövetet megfelelő polimer gyanúba helyezve, majd kiegészítve, a kapott darabot aktív vízgőzzel megfelelően kezelve, az anyag belsejében mikroporózus szerkezetet hozunk létre (1. ábra).

1. ábra



Aktív szén mikroporózus szerkezete

Forrás: Kogat Kft., 2009

Az ilyen módon előállított szűrő nanocsöves jellegű anyagszerkezetében a széndioxid molekulák fizikai adszorpciója hatékonyabban történik meg, mivel a molekulák közötti Van der Waals erők határfoka megnő. A szén szűrőbetétek telítődés után 200-300 °C-ra melegítés következtében regenerálódnak, így a „felengedett” CO₂ összegyűjthető, és a betét ismét használható szűrésre (Kogat Kft., 2009).

GAZDASÁGI ELEMZÉSEK

Ebben a fejezetben azt az elméletet elemezzük, miszerint a gépjárművek hajtóanyagának megváltoztatása és az evvel járó kiadások nem feltétlenül a legmegfelelőbb alternatívái a „zöldebb” közlekedés megvalósításának. Elméletünk alapján azt vizsgáljuk, hogy mennyire lehet versenyképes az alternatív járműhajtóanyagokkal szemben az a fajta eljárás, ha a gépjárművek CO₂-kibocsátását csökkentjük, vagy megszüntetjük. Az elképzelés lényege, hogy a gépjárművek kipufogógázát átvezetjük aktív szén alapú (vagy zeolit, de lehet egyéb eljárás is) szűrőhengeren, mely ezen gáz CO₂-tartalmának nagy részét megkötí. Amennyiben ez a szűrő egy cserélhető betét, melyet akár tankoláskor cserélnek, lehetőség van a telített betétek rege-

nerálására körülbelül 200-300 °C-on. A betétekből kinyert gázt célszerű cseppfolyósítani és tisztítani, majd értékesíteni a piacon, vagy megkapni, állami rendszert kiépítve, a nemzetközi kvóta alapján támogatás formájában. A következőkben a személygépjárművekkel foglalkozunk nagy számuk miatt. Később a nagy járműparkkal, koncentrációval rendelkező buszok értékelésére térünk rá. A tehergépjárművek heterogenitása és számossága indokolatlanná teszi vizsgálatukat.

A személygépjárművek

Az 1. táblázatban a különböző üzemtípusok CO₂-kibocsátását láthatjuk tankolások között (550 km) és éves szinten (20 000 km). A kibocsátás minden esetben a CO₂ kvótáár (ETS ~ 15 euró/t) szerint van kifejezve forintban, és 80%-os fedélzeti CO₂-megkötést feltételez.

A 2. táblázatban a környezetszennyezést a CO₂-kibocsátáson keresztül vizsgáltuk és fe-

1. táblázat

Személygépkocsik tankolások közti és éves CO₂-kibocsátása monetarizálva

	Tonna	Megkötve 80% (Ft)
Benzin		
CO ₂ -kibocsátás tankolások között	0,1100	356,40
CO ₂ -kibocsátás évente	4,0000	12 960,00
Dízel		
CO ₂ -kibocsátás tankolások között	0,0770	249,48
CO ₂ -kibocsátás évente	2,8000	9 072,00
CNG		
CO ₂ -kibocsátás tankolások között	0,0660	213,84
CO ₂ -kibocsátás évente	2,4000	7 776,00
LPG		
CO ₂ -kibocsátás tankolások között	0,0715	231,66
CO ₂ -kibocsátás évente	2,6000	8 424,00

Forrás: saját számítás alapján

2. táblázat
Állami szintű megtakarítás a CO₂-kibocsátás csökkentéséből (CO₂ kvóta alapján) évente

Állami szinten	Jármű darabszám Magyarországon	Éves megtakarítás 50% átépítéssel, 80% hatásfokkal (ezer Ft)
Benzines	2 600 000	16 848 000,0
Dízel	1 000 000	4 536 000,0
CNG	1 000	3 888,0
LPG	1 000	4 212,0
Összesen	3 601 000	21 392 100,0

Forrás: saját számítás alapján

jeztük ki oly módon, hogy a hazánkban futó autók felébe szűrőbetétet helyezve, állami szinten mekkora megtakarítás (kvóta) keletkezhethetne.

Ez a 21 milliárdos megtakarítás évente nagyon impozáns, de ne feledkezzünk meg a másik oldaláról sem. A nagyon sokfajta személygépjármű-típus és kipufogógépjármű színté lehetetlenne teszi valamilyen egységes rendszer bevezetését, ezért nem tűnik megvalósíthatónak egy ilyen eszköz elterjedése. Ezen eljárás elterjedését tovább nehezíti a következő szemléletes számítás is.

A 3. táblázat azt mutatja, hogy milyen módon alakulnak a költségek állami és magánszinten, amennyiben LPG-re alakítunk egy autót vagy CO₂-szűrőt helyezünk el rajta. Látható, hogy a környezetterhelési összeg mindkét esetben azonos, azonban LPG-s autónál az üzemben tartó anyagilag jobban jár (a fogyasztási különbözet miatt). Ezen oknál fogva válik fontossá az állami beavatkozások, támogatások rendszerének kiépítése, azonban ez nem fogja tudni ellensúlyozni az LPG-s járművek éves megtakarításait. A látottak alapján megállapíthatjuk, hogy személygépjárműveknél a CO₂-szűrési eljárás még állami támogatással se jelent olyan mértékű megtakarítást, mint az LPG-s gépjármű alkalmazása. Ebben az esetben amennyiben az állam az átalakításból származó CO₂-csökkentéseket szeretné támogatni, azt célszerű a gázos gépjárművek (LPG, CNG) átalakításába fordítani.

3. táblázat
Átépítési és emissziós költségek különbségei

	Magán-ember/Állam	Állam	Magán-ember
LPG-re átalakítás	Átépítési költség (Ft)	Éves emisszió-megtakarítás	Éves anyagi megtakarítás (Ft)
Benzin	220 000	12 922	193 000,00
Dízel	700 000	13 282	52 000,00
CO ₂ -szeparálás (értékesíthető)			
Benzin	100 000	16 200	
Dízel	100 000	11 340	

Forrás: saját számítás alapján

Az autóbuszok

Autóbusz-közlekedési vállalatoknál nagyon fontos megemlíteni, hogy ezen cégeknek lényegesen nagyobb súlyuk van az állami szintén egy esetleges CO₂-kvótarendszer kidolgozásáért történő lobbitevékenység ügyében.

A modellezésnél alkalmazott adatok:

- Kipufogógáz paraméterei:
 - 1 bar nyomás
 - CO₂-tartalom: 1–12 tf%
 - Hőmérséklet: 100–150 °C
- Aktív szén paraméterei:
 - 2,4 euró/kg
 - Sűrűség: 277 kg/m³
- CO₂: 44 g/mol
- Busz:
 - 225 kg CO₂/tankolás
- CO₂-megkötés:
 - 100 °C: 0,5–1,1 mmol/g
 - 25 °C: 1,5–3,3 mmol/g

A 4. táblázat a különböző típusú járművek tankolások közötti (1500 km) és éves (70 000 km) CO₂-kibocsátását mutatja, természetesen az európai kvótával (15 euró/t) átszámítva forintra. Minden esetben azt feltételezzük, hogy a szűrőbetét 80%-os hatásfokkal dolgozik.

Látható, hogy dízel buszok esetén, amennyiben a CO₂-kvótarendszer ki lenne építve hazánkban, tankolásokkor 729 Ft, míg éves

4. táblázat

Buszok tankolások közti és éves
CO₂-kibocsátása

	Tonna	Megkötte 80% (Ft)
Benzin		
CO ₂ -kibocsátás tankolások között	0,0000	0,00
CO ₂ -kibocsátás évente	0,0000	0,00
Dízel		
CO ₂ -kibocsátás tankolások között	0,2250	729,00
CO ₂ -kibocsátás évente	87,5000	283 500,00
CNG		
CO ₂ -kibocsátás tankolások között	1,3500	4 374,00
CO ₂ -kibocsátás évente	63,0000	204 120,00
LPG		
CO ₂ -kibocsátás tankolások között	1,6500	5 346,00
CO ₂ -kibocsátás évente	77,0000	249 480,00

Forrás: saját számítás alapján

sztin 283 000 Ft megtakarítást lehetne elérni a CO₂ megkötésével.

Amennyiben állami szinten vizsgáljuk a kérdést, és figyelembe vesszük a hazánkban futó buszok számát, akkor kiszámolható az emisszió-csökkentésből eredő megtakarítás. Az 5. táblázatban azt feltételeztük, hogy minden második gépjármű átalakításával és 80%-os hatásfokú szűrővel mennyivel eny-

6. táblázat

Összehasonlítás a BKV járműflottájára

BKV-buszok száma	1000 db				
NPV (P/A, 8%, 15 évre)	8,56				
	Át- építés	Megtaka- ritás/év	Kút/üzem beruházás	Üzemel- tetés/év	NPV
	(ezer Ft)				
CNG vegyes	8 000	840	67 000	2 000	-894 558
CO ₂ - szeperáció	2 000	284	100 000	15 000	202 371

Forrás: saját számítás alapján

5. táblázat

Állami szintű megtakarítás a CO₂-kibocsátás-
csökkentésből (CO₂-kvóta alapján)

Összes busz Magyarországon		Éves megtakarítás (ezer Ft)
Állami szinten	Jármű darabszám eloszlása	50% átépítéssel, 80% hatásfokkal
Benzines jármű darabszám	0,00	0,0
Dízel jármű darabszám	17 500,00	2 480 625,0
CNG jármű darabszám	50,00	5 103,0
LPG jármű darabszám	5,00	623,7
Összesen		2 486 351,7

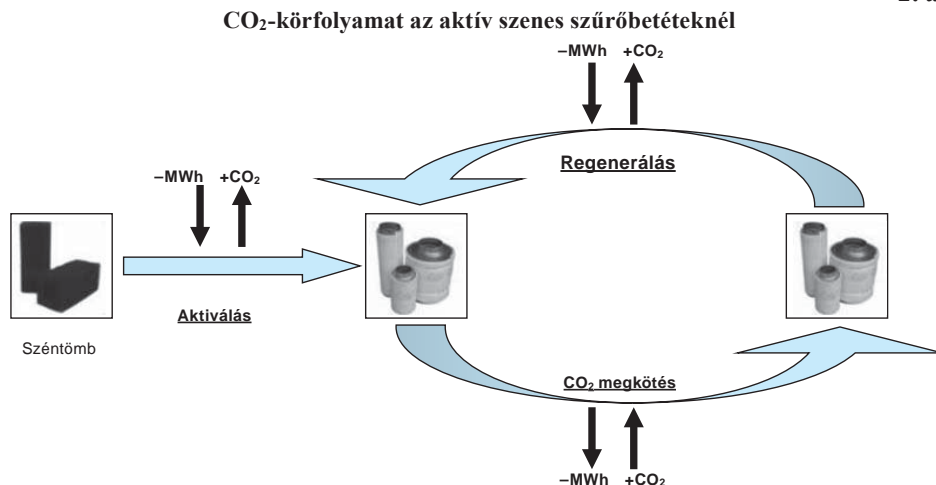
Forrás: saját számítás alapján

hítenék a légkör CO₂-szennyezését. Így 2,5 milliárdos megtakarítást lehetne elérni (625 t CO₂), melyet főleg a dízel buszok kipufogógáza szolgáltatna. A 6. táblázatban összehasonlítjuk egy 1000 gépjárműből álló flotta (pl. BKV) két átalakítási projektjét. Az egyik esetben CNG vegyes üzemre építik át a járműveket (a szakirodalomban ez bizonyul a legkedvezőbb választásnak), míg a másik esetben a buszokat CO₂ szűrőkkel szerelik fel, és a megkötött CO₂-t továbbértékesítik kvótaárban. A második esetben az átalakítási költség az anyagárat is tartalmazza, míg az üzem egy regeneráló állomás, melyben a CO₂ felszabadítását, cseppfolyósítását és tisztítását végzik.

A KÖRNYEZETI ELEMZÉSEK

Az előbbi példákban pusztán gazdasági szempontokat vettünk figyelembe, azonban a CO₂-kvótarendszer kapcsán tisztább képet kapunk (környezetvédelmi szempontból), ha figyelembe vesszük példánkban az alkalmazott szűrőbetéhez kapcsolódó minden rész-folyamat közvetett CO₂-kibocsátását. Ehhez nézzük először a CO₂-mozgással kapcsolatos rész-folyamatokat aktív szén szűrőbetét alkalmazása esetén.

2. ábra



Forrás: saját összeállítás

7. táblázat

A járműveken megkötött CO₂ egyenlege

	Erőmű típusa				Szén/Olaj	Gáz	Napelem	Nukleáris	Szél
	kg CO ₂ /1 MWh				900,00	400,00	50,00	20,00	10,00
Aktiválás	Idő (h)	Teljesítmény (kW)	Energia (kWh)	(MWh)	CO ₂ -kibocsátás (kg)				
Felfűtés	3,00	-250,00	-750,00	-0,75	-675,00	-300,00	-37,50	-15,00	-7,50
Hőn tartás	1,00	-200,00	-200,00	-0,20	-180,00	-80,00	-10,00	-4,00	-2,00
Megkötés					30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Regenerálás	CO ₂ (kg)	CO ₂ (mol)	Energia/mol						
	30,00	681,82	1,66667E-05	-0,01	-10,23	-4,55	-0,57	-0,23	-0,11
Megtérülési ciklusidő					25,03	8,64	0,93	0,37	0,18

Forrás: saját számítás alapján

A 2. ábra jól szemlélteti a részfolyamatok energia- és szén-dioxid-mérlegét.

A modellezésnél alkalmazott adatok:

- Járművenként 10 dm³-es (3 kg) szűrőbetét
- 100 db jármű (szűrő)
- 1 m³-es kemence (250 kW)
- CO₂-megkötés: 1 kg aktív szén=0,1 kg CO₂-t köt meg
- CO₂ regenerálásakor 60 KJ/mol energia szükséges (CO₂ mól súlya 44 g)

A 7. táblázatban látható számításból kiolvasható, hogy bár a szűrő aktiválása, különösen „szén” energiából, sok CO₂-t juttat a légkörbe, a megkötési-regenerálási, negatív szén-dioxid-egyenlegű ciklusok megfelelő számával már kompenzálni lehet (25 ciklus).

Nukleáris erőmű energiáját felhasználva pedig már az első ciklus negatív szén-dioxid-mérleggel zárul. Látható tehát, hogy ez a technológia nem csupán gazdasági, de környezetvédelmi hasznot is eredményez, tehát érdemes lenne foglalkozni az eljárás pontosabb kidolgozásával.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

(1) Tánczos L.né (1994): Közlekedésgazdaságtan I. egyetemi jegyzet. BME Közlekedésgazdasági Tanszék, Budapest (2) Török Á. (2006): Klímaváltozás és a közlekedés kölcsönhatása. „AGRO-21” Füzetek (ISSN 1218-5329) 47. sz. 27-30. pp. (3) Gázok szén-dioxid csökkentési módszerei szeparációval c. kutatási jelentés. Kogát Közhasznú Nonprofit Kft., 2009.

GÉPKOCSIK LÉGSZENNYEZÉSE

MAROSVÖLGYI JÓZSEF – NYÁRI TÜNDE

Kulcsszavak: füstköd, szmog, szmogriadó, inverzió, korlátozások.

ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A kormány és a lakosság közös összefogása szükséges ahhoz, hogy a fővárosi levegő ne romoljon tovább, illetve élhető környezetet tudjanak az ott lakók számára kialakítani, például több zöld terület, park építésével, illetve a már meglévő parkok és zöldterületek intenzívebb locsolásával, ezzel is elősegítve a növények fotoszintézisét. Csökkenteni lehetne a belvárosi légszennyezés mértékét például azzal, hogy csak a kevésbé szennyező gépjárműveket engednék be a város bizonyos területeire, illetve az öreg személygépkocsikat hatékonyabban szűrnék ki. A teherautó-forgalmat jelentős mértékben csökkenthetnék például úgy, hogy ahol lehet, az áruszállítást kisteherautókkal oldanák meg, melyek motorja már jóval modernebb. Budapest egész területén megtiltanák a dízelüzemű járművek közlekedését. A programban szerepel, hogy környezetkímélő anyagokat alkalmazzanak, illetve részecskeszűrővel szereljék fel a BKV Zrt. buszait. Egy olyan kezdeményezés is napvilágot látott, hogy a szmogriadó ideje alatt azok az autósok, akik nem használhatják a gépkocsijukat, a forgalmi engedély felmutatásával térítésmentesen utazhassanak a BKV, illetve a MÁV járatain. Ezek egyelőre csak tervek, de az idő múlásával kiderül, melyek valósulhatnak meg a gyakorlatban is.

BEVEZETÉS

Manapság sajnos úgy tűnik, a modernizálódott életmódhoz és a városi élethez napjainkban már hozzátartozik a szmog. Igaz ugyan, hogy nem új jelenség, és nemcsak Magyarország, hanem az egész világ szenved tőle, de attól, hogy tudomásul vesszük és belenyugszunk, nem lesz jobb a városban felnövő generációk egészsége, életszínvonala. Erkölcsileg és egészségügyileg helyes politikának tartjuk, hogy a magyarországi határértékek megállapításánál az Európában fellelhető legszigorúbb értékeket adoptáltuk. Talán eleinte egy kicsit túldimenzionálnak fog tűnni az egyre gyakrabban jelentkező riadó, ám ennek köszönhetően a számos bosszúság és félelem talán cselekvésre készteti majd az embereket.

Nem mondható el, hogy Magyarországon az ideális védekezéseket és intézkedéseket alkalmazzák a probléma megoldására, de minden ország és kormány arra törekszik, hogy minden tőle telhetőt megtegyen, hiszen az emberek egészsége a tét.

MI A FÜSTKÖD, SZMOG, ÉS MIÉRT VESZÉLYES?

A szmog a légszennyezettség egyik szélsőséges formája; nevét az angol *smoke* (füst) és *fog* (köd) szavak összevonásából kapta.

A szmognak vagy füstködnek két fajtáját különböztetjük meg: a Los Angeles-típusú vagy más néven fotokémiai szmog – amelyet nyári szmognak is szoktak nevezni –, és a London-típusú szmog, vagy más néven téli

szmog. Az előbbi nevét onnan kapta, hogy 1943-ban Los Angelesben, a másikat Londonban figyelték meg először. Mindkét jelenségre jellemző, hogy szélcsendes időben alakul ki, amikor a terület átszellőzése nem jó, így a szennyezőanyag a légkörben, a felszín közelében felhalmozódik.

A hazánk éghajlati viszonyai mellett a fotokémiai (nyári vagy Los Angeles-i) szmog leginkább a meleg, napsütéses nyári hónapokban jelentkezik (UV sugárzás hatására). Magyarországon 1985-ben észlelték először. A hideg téli hónapokban London-típusú szmog alakulhat ki, amikor alacsony a hőmérséklet, és a fűtés miatt nagy a kén-dioxid-kibocsátás. Magyarországon már a hatvanas évek óta előfordul a téli szmog. (6)

A köd a talajon képződő felhő, amely a levegő nedvességtartalmának kicsapódása révén keletkezik, s a látótávolság egy kilométer alá csökken. (Amennyiben a látótávolság még több mint egy kilométer, páráról beszélünk.) Mivel a nagyvárosok területén igen magas az elsősorban fűtésből és közúti közlekedésből származó szennyezőanyag-kibocsátás, szélcsendes időszakban megnő a por és a korom légköri koncentrációja, ami fokozza a ködképződést.

A köd nem ártalmatlan jelenség, mert azon kívül, hogy a kis látótávolság miatt megnő a közlekedési balesetek száma, a nagyvárosokra jellemző füstköd komoly problémát okoz a városi lakosság egészsége (asztma, tüdőödéma), valamint a növényzet és az épületállomány szempontjából. A füstköd által leginkább veszélyeztetett csoportok a gyerekek, az idősek, valamint a légzési és keringési betegségekben szenvedők. (2, 7, 8)

A BUDAPESTI 2009. JANUÁRI SZMOGRIADÓ

Egyértelműen megállapítható, hogy a budapesti levegő minősége a rendszerváltás óta jelentősen javult, s ma megfelel az európai nagyvárosi átlagnak (1. ábra). A nehézipar visszaszorulásával a legtöbb szennye-

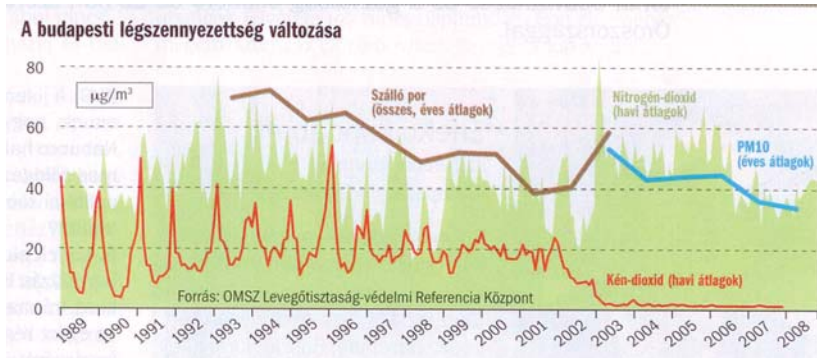
zőanyag koncentrációja csökkent. A legnagyobb problémát jelenleg a szálló por jelenti, s így a főváros is kiemelt figyelmet szentel ennek a visszaszorítására. Ennek jegyében szigorították 2008-ban a teherjárművek behajtását. (1, 3)

Tavaly, 2008. október végén lépett életbe a környezetvédelmi, az egészségügyi, valamint a földművelésügyi és vidékfejlesztési miniszter közös rendelete, amely szigorú határértékeket állapított meg a szálló por esetében. Ez időponttól hatályos ugyanis az Európai Unió legszigorúbb levegőtisztasági, levegővédelmi szabályozása, amihez hasonló Európában csak Svájcban van. Az Unió-szerte szokásos megoldás ezzel szemben az, hogy riasztást csak akkor kell elrendelni, ha a kén-dioxid és a szálló por együttesen halad meg egy adott limitet. Az eltérés látszólag apró, gyakorlati következménye azonban drámai, mivel az új szabályozás miatt gyakrabban lesz szükség szmogriadóra, hiszen ezentúl a kén-dioxid- és a szállópor-koncentráció külön-külön mérendő, és a szálló pornál 75/100 (tájékoztató/riasztás), a kén-dioxidnál 400/500 mikrogramm az új határérték. (Korábban a közös mérésnél 500 mikrogramm/m³ volt a határérték, és 600 volt a riasztási érték.)

A Kárpát-medence fölött 2008 januárjában egy magas nyomású légköri képződmény alakult ki, amellyel a magasban meleg levegő érkezett, az alsó légrétegekben viszont továbbra is hideg maradt a levegő, ami megakadályozta, hogy a föld közeli levegő felemelkedjen és keveredjen a tisztább rétegekkel, ezért a poros, hideg levegő földközelségben maradt. Ez az inverzióknak nevezett jelenség eredményezte, hogy a szálló por csak az alsó néhány száz méteres légrétegben tudott elkeveredni. Ha az inverzió gyengül, a levegőminőség fokozatosan javul, mert a szennyezőanyag egyre vastagabb légrétegben oszlik el. Az inverzió egy nagy nyomású anticiklon hatására alakult ki, és egy alacsonyabb nyomású ciklonnak köszönhetően tisztult a levegő, mert beindult a légcseré.

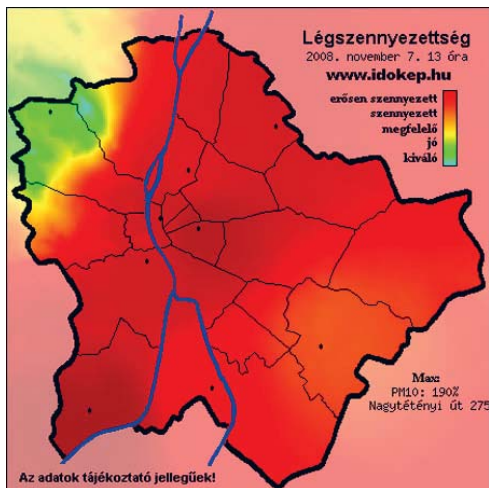
A szmogriadót megelőzően a levegő szennyezettsége az ország egész területén jelentősen megemelkedett, tehát ez a jelenség nem

1. ábra



A budapesti légszennyezettség változása, 1989–2008

2. ábra



Légszennyezettség 2008. november 7-én

csak Budapesten volt megfigyelhető (2. ábra). A szálló por koncentrációja még a helyi szennyezéstől távolabbi háttér-mérőállomásokon is meghaladta az egészségügyi határértéket, több mérőállomás környezetében pedig elérte vagy meghaladta a tájékoztatósi küszöbértéket is. (Magyarországon 55, ebből Budapesten 11 automata monitorállomás műszerei mérik a levegő szennyezettségét.)

Magyarország több városában azért kellett tehát bevezetni a szmogriadó tájékoztató

tatási fokozatát, mivel a szálló por (PM10) koncentrációja két egymást követő napon meghaladta a tájékoztatósi küszöbértéket, ami 75 mg/m^3 .

Növelte a problémát, hogy az ukrajnai gázellátási zavarokról szóló hírek óta sokkal többen fűtenek a nagyobb szennyezést okozó szénnel vagy olajjal. Valószínű egyébként, hogy a mostani helyzetben leginkább az ipari fogyasztók kőolajhasználatára által keletkező magas károsanyag-kibocsátás és a szélcsendes időjárás szerencsétlen egybeesése tette elkerülhetetlenné a szmogriadó elrendelését. (9)

A MEGOLDÁSOKRÓL

Ismeretes, hogy Magyarországon légszennyezés esetén három küszöbértéket különböztetnek meg a jogszabályok. A legalacsonyabb az egészségügyi határérték, a következő a tájékoztatósi határérték, majd ezt követi a legmagasabb fokozat, a riasztási határérték. Határérték-túllépésről akkor beszélnek, ha valamelyik légszennyező anyag koncentrációja legalább két mérőállomáson három órán keresztül eléri, vagy meghaladja az előre meghatározott értéket. Az adatokat a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium által működtetett Országos Légszennyezettségi Mérőhálózat szolgáltatja. (5)

Hatósági intézkedésekre leginkább csak a tájékoztatási határérték elérése esetén kerül sor (az egészségügyi határérték elérése esetén csak nagyon ritkán). Ezek az intézkedések leginkább a tájékoztatást és az önkéntes légszennyezőanyag-kibocsátás csökkentését jelentik. A hatóságok felhívják a lakosság figyelmét a füstköd okozta egészségügyi veszélyekre, és kéri a gépkocsihasználat mellőzését, a fűtés csökkentését.

Az ipari szereplőket (a határértéket túllépő anyagtól függően) felkéri a légszennyező tevékenységek csökkentésére. Ezek az intézkedések viszont nem kötelezőek, hanem önként vállalhatók, vagyis hatékonyságuk a lakosság és az ipari termelők jóindulatán és józan eszén múlik. Az intézkedések függenek attól, hogy melyik légszennyező anyag koncentrációja lépte túl a határértéket. Kén-dioxid és szálló por esetén főleg az ipari eredetű légszennyezőanyag-kibocsátás korlátozása jelenthet megoldást, míg a szén-monoxid, nitrogén-dioxid vagy az ózon esetén a fűtés és a közlekedés során keletkező kibocsátás együttes csökkentése jelenthet megoldást.

Amennyiben a légszennyezés tovább nő, és eléri a riasztási küszöbértéket, már jóval drasztikusabb intézkedésre kerül sor. Ekkor a közintézményeknek és a lakosoknak kötelező csökkenteni a fűtését úgy, hogy a helyiségek hőmérséklete legfeljebb 18 °C lehet. Amennyiben a helyzet nem javul, további csökkentést rendel el. Mivel leginkább a gyerekek, az idősek, valamint a betegek ve-

szélyeztetettek, ilyenkor például az iskolák, óvodák nem tarthatnak kirándulást, hogy a gyerekek ne tartózkodjanak a szabadban.

Az ipari eredetű légszennyezés-kibocsátást 50 százalékkal kell csökkenteni. A benzinkutak a nap bizonyos szakaszában nem árulhatnak üzemanyagot. A riasztási szint esetén a forgalomkorlátozásban is már kötelező jellegű intézkedéseket hoznak. A pesti oldalon a Hungária körúton belül betiltják a gépjárműforgalmat, a budai oldalon ez a Margit körút, Krisztina körút, Alkotás utca és Budafoki út által határolt területen belül érvényes. Ezen a határon kívül eső fővárosi területen szintén forgalomkorlátozást vezetnek be, ami a gyakorlatban annyit jelent, hogy egyik nap a páros, másik nap a páratlan rendszámú autók közlekedhetnek.

A rendszámellenőrzést a rendőrség és a közterület-felügyelet végzi a riasztás alatt, és közlekedési szabálysértésnek számít, ha valaki nem veszi figyelembe a tiltást. A tiltás ellenére is autót használók nem számíthatnak semmilyen szankcióra: mivel végrehajtási rendelet nem készült a szabályozás mellé, ezért nem lehet büntetéseket kiosztani, csak figyelmeztetésben részesíthették a szabálytalankodókat, ami a szmogriadó intézményének komolyságát veszélyezteti. Ennek elkerülése végett és a szmogriadó-rendelethez kapcsolódó részletek miatt a főváros felterjesztéssel fordult a kormányhoz, és kérte több jogszabály, például a KRESZ módosítását. (4)

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

(1) Faragó, V. (1999): Igazoló jelentés: válogatás 8 év (1990–1998) újságcikkeiből. Filum Kiadó, Budapest (2) Pál K.né (1997): A közúti közlekedéstől származó légszennyező anyagok terjedése. Országos Műszaki Információs Központ és Könyvtár Kiadó, Budapest (3) Gyenes L. – Forgács I. (1997): Magyarország a 90-es években: a magyar kormány válasza az Európai Unió ... (4) HVG: 2009. januári-februári számok (5) Magyar Központi Statisztikai Hivatal: Statisztikai szemle: a Magyar Központi Statisztikai Hivatal folyóirata. Hivatal Kiadó, Budapest (6) Magyar Tudományos Akadémia Földrajztudományi Kutatócsoport: Földrajzi értesítő (7) Miért gyakoribb a köd a városokban: <http://www.nationalgeographic.hu> (8) A légszennyezetttség káros egészségügyi hatásai http://egeszseg.origo.hu/cikk/0806/811661/20080207_legszennyezettseg_szallo_por_korom_kozlekedes_autok_leguti_megbetegedes_1.htm (9) Közlekedés okozta légszennyezés: [http://www.levego.hu/#showTheme\(37\)](http://www.levego.hu/#showTheme(37))



KLÍMAVÁLTOZÁS ÉS A TÖBBCÉLÚ HIDROMELIORÁCIÓ

SZINAY MIKLÓS

Kulcsszavak: belvíz, öntözés, talajnedvesség- és talajvízháztartás.

ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A szivárgáshidraulika régi/új koncepciója és folytatása, az 1970-ben kezdett rendszerökológia általánossá tétele és kombinálása a meglévő vízi infrastruktúrával nem egyszerű feladat. Feltételezi a kölcsönös kompromisszum keresését, az innovációt és az új indikátorok monitorozását (mérését). Fontos, hogy az eddig követett analitikus, ágazatcentrikus, egytényezős gondolkodást, elemzést felváltsa a szintézisre törekvő, összefüggésekben gondolkodó cselekvés. A jövőt a környezet, a természet-gazdaság és társadalom együttesével célszerű befolyásolni, az okok mérséklésével szükséges megteremteni a klímabiztonságot. Ehhez, a központi irányítás egysíkúága helyett, a biológiai sokszínűségekre törekvő szubszidiaritás és fenntarthatóság jelenti a megoldást. Ha változtatni szeretnénk, és a szándék is megvan, akkor célszerű alkalmazni Albert Einstein vélekedését, miszerint ha bosszantó problémáinkat szeretnénk megoldani, akkor a gondolkodásunknak túl kell szárnyalni azt a szintet, amely szinten a problémát létrehoztuk.

BEVEZETÉS

Az EU Vízyűjtőgazdálkodási Tervezés (VGT), a klímaváltozás, a 40 éve tartó szakmai viták és vízügyi tiltások szükségessé teszik, hogy valósan értékeljük a XX. századi hidrológiai örökségünket a belvíz és öntözés vonalán. A XXI. századi jövőképhez az 1970-ben elkezdett és megvalósított, általunk javasolt többcélú hidromelioráción keresztül bemutatható egy megvalósítható jövőkép, tudati átalakítás. Többek között a VAHAVA-kutatás eredményeinek felhasználásával az öntözéscentrikus és vízelvezetés elvű megoldásokról a csapadékgazdálkodásra és az ökológiai öntözésre (ennek jelentése, hogy a teljes tényleges evapotranspiráción belül, és a pF 2,5–4,2 talaj-vízháztartási tartományában van) való váltás a cél. Ezt a talajnedvesség és a talaj vízháztartásának szabályozásával lehet elérni: a talajnedves-

ség mennyiségi, minőségi és energetikai szabályozásával. Ez a talaj drénviszonyainak szabályozását jelenti (ez a fizikai, kémiai és biológiai talajjavításokat jelenti, és nem a talajcsövezést). Ez a csapadékgazdálkodási elv összhangban van a VAHAVA-kutatás klímabiztonságra vonatkozó elvével. Az összehasonlító 1. táblázat a XX. század hidrológiai öröksége és a XXI. század erőforrás-gazdálkodási megoldása közötti különbséget mutatja be a belvíz és öntözés területén.

A szivárgáshidraulika és rendszerökológia általánossá tétele – folytatása az 1970-ben megkezdett gyakorlatnak – történelmi, kopernikuszi fordulatot jelent. Ezt támogatja közgazdasági eszközökkel az Európai Unió által megfogalmazott ökológiai követelmény. A VAHAVA-kutatás eredményeit támasztja alá a megfogalmazott hidrológiai elv, ami történelmileg új irányt jelent. Egy intenzív alap és alkalmazott kutatás kezdetét jelenti.

1. táblázat

A belvíz és öntözés a XXI. századi erőforrás-gazdálkodásban

Hungarikum belvízgazdálkodás és a hazai öntözés	Csapadékgazdálkodás és a vízpótló öntözés
Így csak Magyarországon alkalmazzák.	Nemzetközileg általánosan alkalmazzák.
Vízjoggal alkalmazását kötelezően előírják a tudományban is.	Bellagioi elvek alapján elfogadtatják (1996).
Felszíni tározódás alapján ténykedik.	Függőleges csapadékmozgatását a gyökérágy kialakításával éri el.
A hazai öntözés elméleti alapja az energiamérleg; a belvíznek egyértelmű elméleti alapja nincs.	Elméleti alapjait a szivárgáshidraulika és a rendszerökológia adja. Elméleti alapja a Dupuit-Forchheimer (D-F) hipotézis (Dupuit, 1863; Forchheimer, 1886) használata és a Darcy-törvény (1856) megoldásával létrehozott egyenletek. A Laplace-egyenlet elméleti szintre és továbbkutatásra emelése (Kovács, 1972).
A belvíz vízjogi műszó (1874. XI. tc), több mint 50 műszaki tartalommal, nincs angol megfelelője.	Szivárgáshidraulikai értelmezés szerint a káros víz (excess water) a gravitációs pórusteret kitöltő víz a talajszelvényben, azaz a gyökérágy vagy háromfázisú zóna telítettsége és utánpótlódása.
Erőforrás-pazarló azzal a gondolkodással és cselekedeteivel, hogy a gazdaság alrendszere a természet (ökológiailag nyitott) cowboy gazdaság (cowboy economy).	Erőforrás-gazdálkodó azzal a gondolkodással és jövőképpel, hogy a természet ökológiai alrendszere a gazdaság (ökológiailag zárt) űrhajós gazdaság (spaceman economy).
Társadalmi hatásának leírását Wittfogel: „Keleti despotizmus” (1956) és „Hidraulikus civilizáció” (1957) művei tartalmazzák.	Természet-gazdaság-társadalom (többcélú hidromelioráció) hármas egységben fejt ki társadalmi hatását.
Vízgyűjtőben vagy belvízöblötben méretez és vízelvezetésben gazdálkodik; öntözésnél az eszközeihez alakítja a táblát és figyelmen kívül hagyja a meliorációt.	Tájélemnek tekinti a táblát és ezen a szinten is méretez és gazdálkodik. Talajnedvesség- és talajvízháztartás-szabályozásban látja a jövőképet, amit a talaj drénviszonyainak szabályozásával ér el.
Belvízi eljárások alapja a kárszemlélet.	A csapadékgazdálkodás alapja a költség-haszon elemzés és a gazdaságilag fenntartható környezetszabályozás.
Alapelve a fajlagos elvezetett vízhozam (lefolyás).	Alapelve a vízrendezési együttható.
136 éve van rendszeres belvízkár mezőgazdasági területen.	Mezőgazdasági területen nincs vagy csekély a belvízkár a hungarikum örökség miatt.
Potenciális evapotranspiráció alapján számítja az öntözést.	A tényleges evapotranspiráció és a talaj diszponibilis talajtározása (vízretenció) alapján öntöz.
Nem ismeri a szivárgáshidraulika alapelvét, a vízrendezési együtthatót.	Elismeri a hungarikum belvíz-gazdálkodási és öntözési (és komplex meliorációs) megoldásokat, de „csővégi” (end of pipe) technológiáknak tekinti és átértékel.
Ágazatcentrikus egytényezős fejlesztéseket készít.	Világbanki (európai uniós) indikátorokkal fejleszt (1992).

A XX. SZÁZAD HIDROLÓGIAI ÖRÖKSÉGE

A globális változások között hazánkban is kiemelkedő szerepű a klímaváltozás. A globális klímaváltozás elsődleges hazai hatásait a hőmérséklet és a csapadék hosszú távú változásain keresztül értékelhetjük.

A várható klímaváltozással párhuzamosan az Európai Unió vízgyűjtő-gazdálkodási tervezése és kutatása is folyamatban van. Az eddig nyilvánosságra került szakmai anyagok (VKKI, 2008, 2009; OECD, 2008) figyelmen kívül hagyják a VAHAVA (Változás-HATás-VÁlasz) kutatásban és jelentésben (Láng – Csete – Jolánkai, 2007) összefog-

lalt ismereteket és az alkalmazkodás elveit. A klímaváltozás hatásainak mérséklését a hungarikum belvíz (KvVM, 2008) és a potenciális evapontranspiráción alapuló öntözés ágazatcentrikus fejlesztésekkel, „Termelj többet, fogyassz többet!” elvek alkalmazásával igyekeznek elérni. A vízzel irányított ágazatcentrikus elvek (egytenyezős fejlesztések) az Európai Unió ökológiai elveivel (ökológiai többtenyezős indikátorokkal való fejlesztések) és támogatási rendszereivel is ellentétes, de vizsgáljuk meg az eddig követett gyakorlatot a fenntarthatóság szempontjából. Vagyis mennyit pazarolunk a XX. századi hidrológiai örökség folytatásával, illetve ezt a pazarlást kell csökkentenünk.

A XX. század hidrológiai öröksége a Brückner (1887) szárazföldre vonatkozó víz-háztartási egyenlet átvétele (Salamint, 1961) egyharmad elv alkalmazásával és vízjogba foglalt eltérítésével. A szárazföldre vonatkozó víz-háztartási egyenlet általános alakja:

$$P = ET + E + R$$

ahol

P = csapadék

ET = a teljes tényleges párolgás és párologtatás (evapontranspiráció)

E = csapadéknak a vízfolyásokon elfolyó része

R = a talajba beszivárgó csapadék tömege.

Éghajlati függőleges tényezőként jelentkezik, hogy a párolgás és a párologtatás mint jelenség előáll (ET tényező). A vízfolyásokon elfolyó (elvezetett) víztömeg és a talajba beszivárgó és szivárgáshidraulikával bevezetett víztömeg arányát a vízügyi szabályozás határozza meg döntően. Az 1874. évi XI. törvénycikk a belvízi szabályozás, a vízelvezetés mellett döntött, ami erőforrás-gazdálkodás szempontjából a csapadék legnagyobb mértékű vízszintes elvezetését jelentette. Az Európai Unióban a vízrendezési együttható (h/q) bevezetésével 1879-ben a csapadék függőleges beszivárogtatása (és hasznosítása) mellett döntöttek! A vízrendezési együttható számlálója a h érték, ami

a gyökérágyat jelenti, amit a talajban kell kialakítani (lásd 1. ábra). A vízelvezetés is a talajban kialakított gravitációs pórústéren keresztül történik, ami szintén ellentéte a hungarikum belvízi gyakorlatának. Ennek a szivárgáshidraulikai gyakorlatnak a megoldását a MÉLYÉPTERV 1970-ben vezette be hazánkban. A megoldás a drénviszonyok szabályozása volt, ami a fizikai, kémiai és biológiai talajjavítások összességét jelenti. A MÉLYÉPTERV 50 cm-ben határozta meg a gyökérágyat és eljárásait, amit a többi tervezőiroda is követett. Ez a megoldás az, amit a vízzel kikényszerített vízelvezetés helyett alkalmazni lehet, ha az ágazat irányítói is meghozzák kopernikuszi döntésüket. A jelenlegi vízügyi szabályozás az egyharmad elvet (Salamint, 1961) írta elő az 1981-es vízügyi szabályozásban, majd ezt is fokozatosan eltérítették a vízelvezetés irányában (Vágás, 1989), és végül az oktatásból is eltávolították a talajtárolási, R tényezőt (Vágás, 2004). Vagyis vízügyi elv ágazatcentrikusan a minél nagyobb csapadéktömeg műszaki megoldásokkal való eltávolítása állami támogatással. Környezetgazdálkodási meghatározásban a hungarikum belvíz a „potyautas” tényét állította elő.

A másik időjárási szélsőérték ökológiailag a vízpótlás, a kiegészítő öntözés. A XX. század hidrológiai öröksége az öntözésnél a külső erőforrás bevezetése és társadalmi tudatának elfogadtatása. A Brückner-féle vízmérlegből kiemelték a párolgás (ET) értékét és számításának módját. A párolgás számítását az energiamérlegből vezették le, majd a víztömeget további 20%-kal (Szesztay, 1962, 1966) megnövelték országosan, és ennek alkalmazását vízjoggal előírták (30/1964 OVF utasítás az öntözési idénynormára). Ennek megfelelően 1966-ban az öntözésre felhasznált víztömeg $1,6 \text{ km}^3$ volt (VITUKI). Ez az OVF-utasítás azt jelenti ökológiailag, hogy a Nap sugárzó maximális energiáját 20%-kal megnövelve hozzárendelik külső erőforrásból a vizet, és ezzel megvan a hazai öntözés víztömege. Az ökológiai gondolkodásban az emberi élet fő korlátozó tényezője nem a

Földre jutó napenergia mennyisége (és az ezt kiegészítő víz), hanem az, hogy mit tud ezzel kezdeni a természet, biológiai élet. A Szahara egyhektárnyi sivatagán fejlődő magányos növény például ökológiailag és ökonómiailag kevésbé jelentős, mint egyhektárnyi trópusi erdő, még ha mindkettő ugyanannyi napsugarat is kap (és az OVF-utasítással ugyanannyi vízmennyiséget!). (Vagy minden vízmennyiség elvezetését > OVH, 1981 Vízügyi Műszaki Szabályzat > vízelvezetés *Vágás, 1989* > a talaj kikapcsolása az ökológiai folyamatból, *Vágás, 2004*.) Ezt tartalmazza a Vízgazdálkodási Keretterv (*OVF, VGI, 1965, 1984*). Ezt az alapelvet alkalmazták a hidrológusok az éghajlatváltozásra adandó hazai hidrológiai válasszal (OTKA 716/90 sz. téma – *Orloci, 1994*). A vízjoggal létrehozott kapacitások (és társadalmi tudat) öntözésre vonatkozó, „csővégi” megoldások ökológiai jellemző adatait a 2. táblázatban foglaltuk össze. A hungarikum

belvíznek (*KvVM, 2008*) szivárgáshidraulika-
ilag és ökológiailag értékelhető fajlagos mutatói (*Pálfi, 2004*) nincsenek. Míg társadalmi vonatkozásban nem rendelkezünk megfelelő mutatóval, környezeti vonatkozásban az *ökológiai lábnyom* (ÖL) nyújt információt arról, hogy az ország polgárai mennyire terhelik meg a globális környezetet. A 2. táblázatban feltüntettük a hazai öntözés 1990–2008 közötti adatait az ökológiai értékeléshez. Az öntözés fajlagos vízfogyasztása 2461 m³/ha értékről 1983 m³/ha értékre némileg mérséklődött. Feltüntettük az egyetlen hazai aszályindexet, a PAI-t, melynek van víztényező a számításában, valamint figyelembe veszi a hőmérséklet változását is. Feltüntettük az aszályllyal érintett területek nagyságát, mely szemléletesen mutatja, hogy az éghajlatváltozásra öntözés fokozásával kidolgozott válaszok (*Orloci, 1994*) nem adnak megoldást a klímaváltozásra, me-

2. táblázat

Magyarországi öntözés-ökológiailag jellemző éves adatai 1990–2008 között

Év	Öntözött víztömeg (1000 m ³) ÖV	Öntözött terület (ha) ÖT	Fajlagos vízfogyasztás m ³ /ha FVF	Aszály-index °C/100 mm PAI	Ökológiai lábnyom g. ha/fő ÖL	Aszályllyal érintett terület (km ²)
1990	534 028	216 937	2 461	8,8	2,46	85 000
1991	219 408	148 669	1 476	4,1	1,47	0
1992	293 384	177 088	1 650	9,8	1,65	92 000
1993	395 898	180 088	2 198	9,0	2,20	78 000
1994	269 744	160 384	1 682	8,0	1,68	67 000
1995	240 892	146 541	1 644	5,8	1,64	40 000
1996	154 065	126 344	1 219	4,7	1,22	8 000
1997	92 468	81 908	1 129	3,6	1,13	0
1998	115 545	93 431	1 236	4,6	1,23	8 500
1999	55 542	44 822	1 239	2,8	1,23	0
2000	215 701	125 866	1 713	8,1	1,71	86 000
2001	110 743	104 172	1 063	4,5	1,06	14 700
2002	162 346	117 035	1 387	6,8	1,38	66 000
2003	168 356	121 718	1 383	9,2	1,38	88 000
2004	109 482	93 380	1 172	4,3	1,17	600
2005	56 819	68 422	830	3,0	0,83	0
2006	69 922	68 373	1 022	4,1	1,02	0
2007	162 743	82 071	1 983	9,0	1,98	79 000
2008	143 304	93 671	1 529	4,6	1,53	6 000

Forrás: KSH, VITUKI, VKKI, 2009

lyet a 2. táblázatban az aszályal sújtott területek nagysága bizonyít.

Az ökológiai lábnyom 2,46 globális ha/fő értéke (1990) és 1,98 (2007) értéke rávilágít arra, hogy ökológiai deficittel rendelkezik Magyarország XX. századból örökölt öntözési megoldása, így a jelen gazdasági és fogyasztási struktúra hosszú távon nem fenntartható. A pazarlást a 2. ábra szemlélteti.

Az öntözés ökológiai lábnyomának jelentős része a magas víz- és energiafelhasználásnak köszönhető. Így kiemelten kell koncentrálni azokra a termelési és fogyasztási strukturális kérdésekre, amelyek meghatározzák a víz- és energiafelhasználás totális mértékét, illetve a víz- és energiahatékonyságot.

A VAHAVA-KUTATÁS HIDROLÓGIAI ÉRTELMEZÉSE

Az ökológiai lábnyom rávilágít arra, hogy az öntözés és az aszályindex alapján mért és számított éghajlati hatás öntözés fokozásával az energiamérleg alapján nem orvosolható. Visszatérve a VAHAVA jelentéshez, az egyértelműen megfogalmazza, hogy a klímapolitikában, ezen belül az alkalmazkodási stratégiában a talajok vízháztartási tulajdonságainak a szabályozása a nemzetgazdaság alapvető érdeke. Következésképpen a talaj víztartó (vízretenció) képességének, valamint vízvezető képességének megőrzése, illetve javítása a drénviszonyok, a talaj porozításának szabályozásával a klímabiztonság megteremtésének egyik fontos tényezője. *Talajaink értékét a táperő helyett egyre inkább a talajban rendelkezésre álló és a drénviszonyokkal előállítható vízkészlet, talajtározás (vízretenció) határozza meg!*

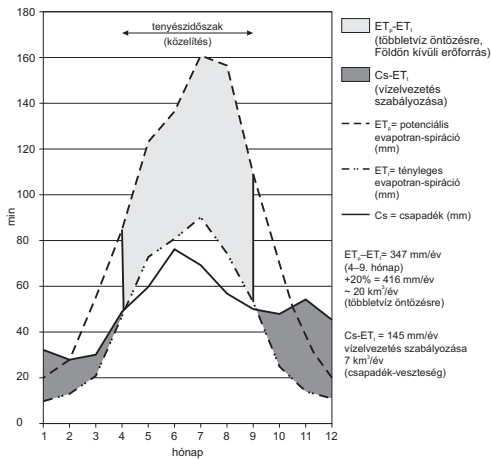
A hazai éghajlat változékonysága folytán, és a klímaváltozás várható alakulásával, egyszer a víz bőségével (belvíz), máskor a víz hiányával (aszály) okoz gondot a társadalom tagjainak, a gazdáknak. A jövő érdekében fontos annak tudatosítása, hogy a termőhelyi adottságok, a talajvízviszonyok, a biológiai

erőforrások, valamint az ezeket hasznosító természetszerető szakember munkaereje és tőkéje viszonylag ismert és a környezet-szabályozás szempontjából befolyásolható feltételeket jelent. Ezzel szemben a légköri erőforrások rendkívül változékonyak, melyek eleve hol kedvezően, hol kedvezőtlenül érintik ökológiailag a mező-, erdő- és vízgazdálkodást. Fontos hangsúlyozni, hogy a légköri viszonyok változékonysága miatt egy időben és összetett módon szükséges felkészülni a klímaváltozás várható hatásaira is, különösen a szélsőségek jelentkezésére, bőségebb és inségebb évekre, tartalékok kiegészítésére, a feleslegek elvezetésére. Az éghajlati hatások tompításának, mérséklésének az eszköze a víztakarékos agrotechnika, vetésváltás mellett a drénviszonyok és a talaj vízháztartásának szabályozásán alapuló csapadékgazdálkodás. Vagyis két szabályozást kell végrehajtani, a talajnedvesség és a talaj vízháztartásának szabályozásait, különböző területeken.

A csapadékgazdálkodás fontosságának mint elsődleges erőforrásnak alapvető mértékegysége az a haszon, amit tudatos csapadékgazdálkodással, környezetszabályozással a gazdák hazánk termőterületének 100%-án valószínűleg meg a talaj drénviszonyainak (ez a fizikai, kémiai és biológiai talajjavítások összessége, és nem a talajcsövezés), porozításának, tározásának szabályozásával. Az így előkészített talaj képes fogadni az elsődleges erőforrást jelentő csapadékot, és elvezetni a felesleget. Ezt a természeti erőforrást belső erőforrásból pótolja az ökológiailag szükséges kiegészítő (vízpótló) ökológiai öntözés.

Ez a kutatási és fejlesztési program 1970-ben kezdődött a MÉLYÉPTERV-nél. A változtatás azzal indult, hogy a vízrendezési munkákban elkezdték alkalmazni a fizikai, kémiai és a biológiai talajjavításokat. Ez a hidromelioráció rendszerökológiai 1. ábráján gyökérágy biztosításával szerepel. Ez azt jelenti, hogy a nemzetközi gyakorlatnak megfelelően elkezdték alkalmazni a szivárgáshidraulikát. Ezzel a változtatással elkezdődött a csapadékgazdálkodásra való

2. ábra



A csapadék, az evapotranspiráció, az öntözés és a belvízelvezetés

XX. századi szabályozásának értékei 1971–2000 közötti adatokkal Magyarországon. A XX. század vízügyi szabályozásának vízháztartási elve (öntözés–vízelvezetés)

(adatszolgáltató: VITUKI, 2009)

átállítás, amit különböző meliorációs elnevezésekkel más tervezőirodák is elkezdtek alkalmazni. Ez a talajnedvesség szabályozásán alapuló csapadékgazdálkodás mintegy 500 000 hektáron valósult meg úgy, hogy az eljárásokat a vízügyi szabályozások figyelmén kívül hagyták.

A helyes csapadékgazdálkodásnak alapelve, hogy a drénviszonyok szabályozásával – ami a kötött talajokban fizikai (pl. mélylazítás), kémiai és biológiai talajjavítást jelent, míg laza, pl. homoktalajokban ezzel szemben szerves és szervesetlen kolloidokkal (pl. humusz, mulcs, bentonit stb.) való dúsítást jelent – olyan gyökérágyat szükséges létrehozni, amelyben a talajnedvesség elraktározása a legoptimálisabb.

Az elv helyes megítéléséhez fontos tudni, hogy a Föld édesvízkészletének 0,05 százaléka (Shiklomanov, 1993) a talajnedvesség zónája, amely a szárazföldi növénytermelés 100 százalékát adja! A Föld édesvízkészletéből ennek tömege 70 ezer km³/év átlagosan, évente területileg változóan. Ezt az eljárást 1879-től

kezdték alkalmazni és kutatni Európa-szerte, és vált nemzetközi gyakorlattá. A hazai gyakorlat 1874-től a vízügyi törvénnyel kezdődött, amely azonban figyelmen kívül hagyta a nemzetközi gyakorlatot. A hazai gyakorlatot a vízjog eszközével tartották fenn a tudományban is, de már 1970-ben kiderült, hogy van alternatíva, de erre ráfogták, hogy nem illeszkedik a vízgazdálkodás rendszerébe. A hazai gyakorlat belvízben és öntözésben a vízjoggal kötelezően elrendelt ágazatcentrikus előírások betartása és betartatása volt. Ez környezetgazdálkodás szempontjából a „Termelj többet, fogyassz többet!” elv százalékos emelését jelenti. Ha ezt fenntarthatóság szempontjából vizsgáljuk, akkor egyértelművé válik a felfogásban keveredő növekedés és fejlődés vízjoggal kikényszerített felcserélése és a pazarlás. Ezt a pazarlást mutatja be a rendszerökológiai értelmezésű 2. ábra. 20 km³/év az öntözésnél és a vízelvezetésnél mintegy 5 km³/év értékűek a pazarlások. Rendszerökológia szerint a maximálisan hasznosuló öntözővíz tömege 0,64 km³/év lehet.

Az 1990-et követő privatizációval előállt tábla-, ill. birtokszerkezet, majd az uniós csatlakozás kikényszerítette az innovációban gondolkodó kutatók és fejlesztők cselekvését. Nyilvánvalóvá vált, hogy a vízjoggal kikényszerített XX. századi örökség, vagyis az energiamérlegből vett összefüggés alapján számított öntözés (és az ebből adódó vízáteremtések és -tározások), valamint az 1874-es vízügyi törvényen alapuló belvízgazdálkodás *nem fenntartható*, pazarló. A belvízgazdálkodás és öntözés közgazdasági gyakorlata az volt, hogy *a gazdasági feltételeknek alárendelték a bioszférát*. Az Európai Unió az ökológiai megközelítésre adja a támogatást, ami közgazdaságilag azt jelenti, hogy a bioszféra alrendszere a gazdaság (zárt gazdasági modell). Az 1970-ben indult irányzattal (szivárgáshidraulikával és rendszerökológiával), a természeti erőforrások felhasználásával már jeleztük és alkalmaztuk, hogy az utóbbi, a zárt gazdasági modell az alternatíva. A VAHAVA-kutatás és jelentés, valamint az ökológiai alányom-

számítás is ezt az utóbbi megoldást igazolja, amit az 1. ábra értelmez.

Az Európai Unió gazdasági támogatásai közgazdaságilag segítik elő, hogy Magyarországon is tért nyerjen az erőforrás-gazdálkodás alapelve, a csapadékgazdálkodás. Ez egyúttal azt jelenti, hogy a természeti tőke válik meghatározóvá és követendővé az eddig alkalmazott pénztőke, technikai tőke helyett. Ez belvíz és öntözés esetében azt je-

lenti, hogy a korlátlan, nyitott gazdaság bekerül egy ökológiailag zárt rendszerbe (akár a Föld is egy zárt rendszer!). Vagyis a 136 éves megszokásokat, gondolkodást, szokásjogot át kell állítani az ökológiai korlátait is figyelembe vevő gazdálkodásra. A kérdés az, hogy az öntözéscentrikus szemléletet mennyi idő alatt sikerül ökológiai vízpótlássá, a belvízelvezetést pedig csapadékgazdálkodássá normalizálni.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) CSABA L. – KISS O. – SZINAY M. – VERMES L. (1978): Hígrágyahasznosítás. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest (2) CSETE L. – LÁNG I. (2005): A fenntartható agrárgazdaság és vidékfejlesztés. MTA Társadalomkutató Központ, Budapest (3) HARNOS ZS. – CSETE L. (szerk.) (2008): Klímaváltozás: Környezet-kockázat-társadalom. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest (4) KÓRODI M. (szerk.) (2007): Remény a fennmaradásra. Fenntartható-e a fejlődés? Kossuth Kiadó, Budapest (5) KOVÁCS GY. (1972): A szivárgás hidraulikája. Akadémiai Kiadó, Budapest (6) KOVÁCS GY. (1981): Az öntözés szerepe a magyar mezőgazdaságban. Vízügyi Közlemények, 3. sz. (7) KvVM (2008): Vitaanyag Magyarország jelentős vízgazdálkodási kérdéseiről. A Víz Keretirányelv 14. cikke (Kézirat) (8) LÁNG I. – CSETE L. – JOLÁNKAI M. (2007): A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok. A VAHAVA jelentés. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest (9) OECD (2008): OECD Környezetpolitikai Teljesítményértékelések. Magyarország. KvVM, 2008 (10) ORLOCI I. (1994): Az éghajlatváltozás hatása a hidrológiai és vízminőségi paraméterekre. (OTKA 716/90 sz. téma) VITUKI 59. sz. (11) PÁLFAI I. (2004): Belvizek és aszályok Magyarországon. Hidrológiai Tanulmányok, Budapest (12) SOMLYÓDY L. (2006): A hazai vízgazdálkodás, az EU Víz Keretirányelv és az éghajlatváltozás kapcsolata. Néhány gondolat. „AGRO-21” Füzetek, 48. sz. (13) SZABOLCS I. – VÁRALLYAY GY. (1978): A talajok termékenységet gátló tényezők Magyarországon. Agrokémia és Talajtan. 27. 181-202. pp. (14) SZÁSZ G. (1963): A vízháztartás klimatikus tényezőinek vizsgálata Magyarországon. Debreceni Agrártudományi Főiskola Tudományos Közlemény, Debrecen 49-71. pp. (15) SZESZTAY K. (1966): Az öntözési vízszükséglet meghatározásának néhány kérdése. Hidrológiai Közöny, 9. sz. (16) SZINAY M. (1975): Mezőgazdasági területek talajvízháztartási vizsgálata. MÉLYÉPTERV. Műszaki Fejlesztés. 47. sz. 1-1990. (17) SZINAY M. (1982): Hydromelioration of agricultural lands in Hungary. „Polder of the World” symposium Lelystadt, The Netherlands, ICIIP Vol.1. 604-622. pp. (18) SZINAY M. (1982): Vízrendezési feladatok a táblán. In: Petrasovits I. (szerk.): Síkvidéki vízrendezés és gazdálkodás. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 163-227. pp. (19) SZINAY M. (1987): A melioráció termelésfejlesztési jelentőségének értékelése. MÉM-MŰFA, Kézirat, 35 p. (20) SZINAY M. (1987): Növények optimális vízellátottsági igényének meghatározása (ökológiai talajnedvesség igény). MÉM-MŰFA, Kézirat, 27 p. (21) SZINAY M. (2009): Belvízreform. ÖKO magazin. XVI. évf. 1-4. sz. 108-131. pp. (22) SZINAY M. ET AL. (1985): A melioráció hatékonyságának értékelési rendszere és a talajművelés energetikai racionalizálása. MÉM-OVH-MAE-MHT 3. díjas pályázata. 109 p. (Kézirat) (23) SZLÁVIK J. (2005): Fenntartható környezet és erőforrásgazdálkodás. Környezetvédelmi Kiskönyvtár 14. KJK-KERSZÖV Jogi és Üzleti Kiadó, Budapest (24) SZLÁVIK J. (2007): Környezetgazdaságtan. TYPOTEX, Budapest (25) VÁGÁS I. (1989): A belvíz elvezetése. Hidrológiai Közöny, 3. sz. (26) VÁRALLYAY GY. (2003): A mezőgazdasági vízgazdálkodás talajtani alapjai. Egyetemi jegyzet, Budapest–Gödöllő (27) VKKI (2009): Magyarország vízgyűjtő-gazdálkodási terve. Az országos terv szakmai háttér anyagai.

REGIONAL CLIMATE CHANGE PROJECTED FOR THE CARPATHIAN BASIN IN 2021-2050 BASED ON REGCM SIMULATIONS

By
BARTHOLY, JUDIT – PONGRÁCZ, RITA – TORMA, CSABA

Keywords: Carpathian Basin, changes in temperature and precipitation,
regional differences.

Simulation outputs of the regional climate model RegCM for the A1B scenario are analyzed in this paper. A horizontal resolution of 25 km was used in the experiments, and projected changes for 2021–2050 are evaluated relative to the reference period 1961–1990. The results suggest that for Hungary, the annual mean temperature increase is 1.1 °C, the projected warming is lower in summer and autumn (0.7 °C and 0.8 °C, respectively), higher in spring (1.6 °C), and similar in winter (1.1 °C). The projected changes in extreme temperatures also signal the warming of the region: the annual number of summer days is likely to increase by 16% (about 9 days on average) in Hungary, the annual number of frost days is likely to decrease in the future by 21% (about 15 days on average). The annual mean precipitation is projected to decrease by about 7%, and the largest decrease is likely to occur in the south-western part of the country. On a seasonal scale, the largest decrease is projected for spring (by 10% on average) and the smallest for summer (by 2% on average). The annual number of days with any precipitation is likely to decrease by the next three decades (by about 5-20% on average), however, the annual number of days with precipitation exceeding 20 mm a day is projected to increase, especially in the lowlands (where the projected increase is about 5-40%), in the north-eastern region of Hungary the projected increase may be as high as 50%. RegCM simulations suggest some decrease in the mountainous regions of the country and near the south-western border. Annual number of consecutive dry days is also likely to increase in the future, by about 5-15% on average, with the largest changes probably occurring in the western and central regions of Hungary.

PROTECTING FORESTS FROM THE NEGATIVE EFFECTS OF CLIMATE CHANGE

By
SOLYMOS, REZSŐ

Keywords: forest, climate change, effects, research and practical responses.

Forestry practice and research must both prepare for countering the negative effects of the expected climate change. The resources available should not be spent on meaningless debate (whether climate change will or will not occur) but on research in the fields which serve the protection of the entire biosphere!

It is advisable to analyse the various climatic and weather factors both separately and together in the context of the tree species composition of forest stock as well as the entire forest ecosystem.

The application of scientifically confirmed findings in forestry management makes it possible to significantly reduce the negative effects of the expected climate change already today.

Issues related to climate change comprise a priority area in forestry research today and in the close future, even though one must deal with a host of scientific insecurities.

Even if climate change does not come to pass(?) or does not seriously damage forests, it is necessary to prepare for any potential problems.

It is reasonable to support and widely extend the current and expected research efforts in this field. Such research benefits the entire natural world. Research costs are paid back multiple times.

Partially due to climate change, long-term preservation and the resistance to negative weather factors of near-natural forest ecosystems is emphasised in forest management, as well as a multi-functional approach to forestry management, which includes the harmonisation of the ecological and economical aspects of forests.

PHENOLOGICAL AND BIOCLIMATOLOGICAL ANALYSIS OF THE DEVELOPMENT OF LILAC (*SYRINGA VULGARIS* L.)

By
VARGA, ZOLTÁN – VARGA-HASZONITS, ZOLTÁN – ENZSÖLNÉ GERENCSÉR,
ERZSÉBET – LANTOS, ZSUZSANNA – MILICS, GÁBOR

Keywords: lilac, phenology, radiation, temperature, climate change.

This study was part of a project to analyse the suitability of four wild growing species (black locust /*Robinia pseudoacacia* L./, elder /*Sambucus nigra* L./, linden /*Tilia cordata* L./ and lilac /*Syringa vulgaris* L./) as indicator plants for climate change. It was found that effects

of the warmer temperatures in the last years of the 20th century can be detected better in the black locust and elder phenological data series than in those of linden and lilac. An increase in value of thermal elements led to an advance of phenological dates of lilac.

Our results suggest that regional variability of thermal elements during the growing season of lilac is mainly influenced by post-flowering conditions. The effect of certain important radiation and temperature factors on lilac development was also studied and we found that in general, there was close connection between the sum of positive temperatures and lilac phenology and the sum of global radiation and lilac phenology, respectively. Radiothermal index, which expresses the joint effect of temperature and radiation, nearly exactly determined the length of *Syringa vulgaris* phenophases and its rate of development. Therefore this index can be used for forecasting and modelling the development of this wild growing plant.

CORRELATION BETWEEN THE LENGTH OF BLOOMING TIME OF SOUR CHERRY AND THE METEOROLOGICAL VARIABLES BEFORE AND DURING BLOOMING

By

LAKATOS, LÁSZLÓ – TORNyai, JULIANNA – SZABÓ, TIBOR – SOLTÉSZ,
MIKLÓS – DUSSI, MARIA CLAUDIA – ZHONG-FU, SUN – SZABÓ, ZOLTÁN –
NYÉKI, JÓZSEF

Keywords: length of blooming, temperature, difference of night and day temperature, Winkler index, Huglin index.

The paper looks at how the weather in the 30 days prior to blooming and the weather during blooming affected the length of blooming. The following meteorological parameters were used: maximum temperature, minimum temperature, average temperature, amount of precipitation, sunshine duration, difference of night and day temperature, Huglin index, Winkler index. It was found that the amount of precipitation both before and during blooming significantly correlated with the length of blooming.

Significant correlation was also found between the difference between night and day temperature and length of blooming. On spring days when the difference between daytime and nighttime temperature is high, the maximum daytime temperature is usually high. These high daytime temperatures significantly hasten the end of the blooming period. In case of cloudy, rainy weather, the difference between daytime and nighttime temperature is usually small, which makes blooming last longer.

The length of blooming showed the closest relationship with the daily maximum temperature.

When temperatures were higher, the length of blooming was significantly shorter.

The length of blooming was shorter in the years when the average maximum temperature in the 30 days before blooming fell in the 13.5-14.5 °C range. In the years when this average temperature was below 13 °C or above 15 °C, blooming could be expected to exceed 10 days. It was demonstrated that less precipitation and higher temperatures increased the speed of physiological processes, and therefore in these years we could expect blooming to end faster and the blooming period to be shorter.

ASSESSING THE ECOLOGICAL CONDITIONS OF WHEAT AND MAIZE GROWING

By
PÉTER, BÉLA – MIKA, JÁNOS

Keywords: wheat, maize, ecological conditions, assessment.

Awareness of the past can help in the categorisation of agricultural land, as apart from the soil, yield is affected most by climatic fluctuations. A complex assessment based on the average and extreme values of potential yield can influence the choice of preferred species and varieties for a specific area, as well as nutrient management etc.

Finding out the ratio of the actual and potential past yields may highlight the (probably annually different) elements of agricultural technology which, if adjusted correctly, may increase actual yield on the long term.

In any production cycle the procedure offers the most useful information if used after some of the weather phenomena have already taken place and their impact is already apparent in the crop. Additionally, the procedure may be used to set up alternative yield scenarios incorporating the future weather, similarly to the way that domestic water management practice forecasts the water level of Lake Balaton. The future weather may be incorporated by estimating the average and extreme values of the further months and elements, but may also be done using the six-month forecasts (OMSZ, Budapest) relying on the forecasts of the European Center for Medium range Weather Forecasting. Theoretically, either approach may be improved by considering the fact that the monthly climatic anomalies show a certain degree of stability (temperature) and balancing tendency (precipitation).

By using the method as described in the second paragraph and comparing the findings against the weather in the production cycle up to that point, a farmer may select an agricultural technology which increases yield. Further improvement can be achieved by taking into consideration the third paragraph when performing certain agrotechnical actions.

Planning for the future is based on the fact that the characteristics of climate and soil change, with the latter changing at a slower pace. For example, past domestic trends in climatic change indicate that in growing period of maize, the amount of precipitation will decrease, temperature will strongly increase and so will the duration of sunshine. Potential yields of our strategic crops can now be estimated on the basis of regional climate scenarios rendered by various methodologies. This allows us to prepare for the coming decades and make important decisions, especially in the zones where only marginal success can be achieved.

Of course, the above considerations are only useful if their users are aware of the ecological conditions of their own farms and use a complex cost-benefit analysis to quantify these considerations in combination with the other economic conditions. The potential usefulness of the procedure, as described above, will be truly assessable in the context of such analyses.

ANALYSIS OF THE ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL ASPECTS OF BINDING CARBON DIOXIDE ON BOARD OF VEHICLES

By
ZÁDOR, ISTVÁN – TÖRÖK, ÁDÁM

Keywords: transport, vehicles, CO₂, CO₂ sales, mixed fuel.

This paper presents the analysis of the economic and environmental aspects of the sale of carbon dioxide bound from exhaust gas. The latter analysis is based on the life cycle analysis of the filter. In the event of automobiles, there are too many models and the pecuniary value of the bound carbon dioxide is too low, offering no motivation. Bus companies, however, which may sell the carbon dioxide they 'produce', may see a great benefit. Based on our calculations, companies with a fleet of buses may consider – prior to conversions or modifications – the possibility of binding the carbon dioxide on board of the vehicles and of then reselling it after regeneration, as well as the possibility of switching to alternative fuel. Sale of the carbon dioxide content of exhaust gas requires changes to the governmental institutional and legal system. Economic comparison shows that the costs of such a project are much lower than that of switching to mixed fuel CNG, although this technology – either the filter or the regenerating units – is not fully developed yet, many issues remain unsolved. It is confirmed, however, that this technology offers significant financial benefit and that it reduces atmospheric CO₂ content when the entire cycle is considered. The next step is to look at the capacities, regeneration abilities and the dead weight of the CO₂ filters (active carbon, zeolites etc.), and to assess the exact cost of vehicle conversion.

AIR POLLUTION BY AUTOMOBILES

By
MAROSVÖLGYI, JÓZSEF – NYÁRI, TÜNDE

Keywords: smog, smog alert, inversion, restrictions.

The government and the citizens must act together to prevent further deterioration of the capital's air quality and to create a liveable environment for the residents. The addition of green areas, parks, or the more intensive watering of existing greens and parks – which would boost photosynthesis by the plants – would contribute to this goal. Air pollution in the downtown area could be reduced by allowing only less polluting vehicles to certain areas of the city, and by implementing more effective screening of old cars. Truck traffic could be significantly reduced by using vans for freight transport wherever possible, as the engines used in vans represent a much more modern technology. Diesel vehicles would be banned from the entire territory of Budapest. The programme also proposes the use of

environmentally friendly substances and the installation of particle filters in the buses of BKV Zrt. Another initiative is to allow drivers who cannot use their cars during a smog alert to use the BKV and MÁV vehicles free of charge if presenting their driver's licence. For the time being, these are only plans. Time will tell which of them may be implemented in practice.

CLIMATE CHANGE AND MULTI-PURPOSE HYDROMELIORATION

By
SZINAY, MIKLÓS

Keywords: inland water, irrigation, soil humidity and soil water management.

Continuation of the old/new concept of leakage hydraulics, generalisation of the systemic ecology started in 1970 and its combination with the existing water infrastructure are no easy tasks. They assume a mutual effort to reach consensus, to innovate and the monitor new indicators. It is important to replace the current analytical, branch-oriented, single-factor approach and analysis by actions aimed at synthesis and relying on correlations. The future should be shaped in the joint context of the environment, nature, the economy and the society, and the roots of the matter should be addressed to create climate security. The solution in this respect would be to replace the unilateral central control by an approach based on subsidiarity and sustainability. If we really have the will to change, it is appropriate to apply the thoughts of Albert Einstein, who said that if we want to solve annoying problems, our thinking should rise above the level at which the problem was created.

CONTENTS

STUDIES

<i>Bartholy, Judit – Pongrácz, Rita – Torma, Csaba:</i> Regional climate change projected for the Carpathian Basin in 2021-2050 based on RegCM simulations	3
<i>Solymos, Rezső:</i> Protecting forests from the negative effects of climate change	14
<i>Varga, Zoltán – Varga-Haszonits, Zoltán – Enzsölné Gerencsér, Erzsébet – Lantos, Zsuzsanna – Milics, Gábor:</i> Phenological and bioclimatological analysis of the development of lilac (<i>Syringa vulgaris</i> L.)	22
<i>Lakatos, László – Tornyai, Julianna – Szabó, Tibor – Soltész, Miklós – Dussi, Maria Claudia – Zhong-Fu, Sun – Szabó, Zoltán – Nyéki, József:</i> Correlation between the length of blooming time of sour cherry and the meteorological variables before and during blooming	36
<i>Péter, Béla – Mika, János:</i> Assessing the ecological conditions of wheat and maize growing	44
<i>Zádor, István – Török, Ádám:</i> Analysis of the economic and environmental aspects of binding carbon dioxide on board of vehicles	56
<i>Marosvölgyi, József – Nyári, Tünde:</i> Air pollution by automobiles	62

DEBATE

<i>Szinay, Miklós:</i> Climate change and multi-purpose hydromelioration	66
--	----

SUMMARY	74
---------	----

Soltész Miklós, a KF Kertészeti Főiskolai Kar Gyümölcs- és Szőlőtermesztési Intézet egyetemi tanára (6000 Kecskemét, Erdei Ferenc tér 1–3., Tel.: 76/517-633, Fax: 76/517-601, E-mail: soltesz.miklos@kfk.kefo.hu)

Solymos Rezső, akadémikus, az Erdészeti Tudományos Intézet kutatóprofesszora (1023 Budapest, Frankel Leó u. 42-44., Tel.: 26/310-764, E-mail: solymosrezso@gmail.com)

Szabó Tibor, az Újfehértói Gyümölcssteresztési Kutató- és Szaktanácsadó Kht. tudományos főmunkatársa (4244 Újfehértó, Vadas tag 2., Tel.: 42/290-822, E-mail: szaboti@ujfehertokutato.hu)

Szabó Zoltán, a DE AGTC Kutatási és Fejlesztési Intézet egyetemi tanára (4032 Debrecen, Böszörményi út 138., Tel.: 52/508-477, Fax: 52/526-934, E-mail: erdodine@agr.unideb.hu)

Szinay Miklós, kutató hidrológus (1725 Budapest XX., Pf. 78, Tel.: 285-4751, E-mail: halaszgy@vituki.hu)

Torma Csaba, az ELTE Természettudományi Kar Földrajz- és Földtudományi Intézet Meteorológiai Tanszék PhD hallgatója (1117 Budapest, Pázmány P. sétány 1/A, Tel.: 372-2500/6616, Fax: 372-2904)

Tornyai Julianna, a DE AGTC Kutatási és Fejlesztési Intézet tanszéki mérnöke (4032 Debrecen, Böszörményi út 138., Tel.: 52/508-477, Fax: 52/526-934, E-mail: tornyai@agr.unideb.hu)

Török Ádám, a KTI NonProfit Kft. Közlekedéspolitikai és Gazdasági Tagozat okleveles közlekedésmérnöke (1119 Budapest, Thán Károly u. 3-5., Tel.: 371-5806, Fax: 205-5930, E-mail: torok.adam@kti.hu)

Varga Zoltán, az NYME Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar Matematika, Fizika és Informatikai Intézet egyetemi docense (9200 Mosonmagyaróvár, Vár 2., Tel.: 96/566-677, Fax: 96/566-620, E-mail: varzol@mtk.nyme.hu)

Varga-Haszonits Zoltán, az NYME Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar Matematika, Fizika és Informatikai Intézet professor emeritusa (9200 Mosonmagyaróvár, Vár 2., Tel.: 96/566-677, Fax: 96/566-620, E-mail: vargahz@mtk.nyme.hu)

Zádor István, a Kogát Közhasznú Nonprofit Kft. okleveles közlekedésmérnöke (4400 Nyíregyháza, Eperjes út 16., Tel./Fax: 463-1309, E-mail: istvan.zador@kogat.hu)

Zhong-Fu, Sun, a CAAS Bejing Institute of Vegetable and Flower Science egyetemi tanára (E-mail: sunf@263.net)

SZÁMUNK SZERZŐI

Bartholy Judit, az ELTE Természettudományi Kar Földrajz- és Földtudományi Intézet Meteorológiai Tanszék egyetemi tanára, tanszékvezető (1117 Budapest, Pázmány P. sétány 1/A, Tel.: 372-2500/6605, Fax: 372-2904, E-mail: bari@ludens.elte.hu)

Dussi, Maria Claudia, Universidad Nacional del Comahue Facultad de Ciencias Agrarias egyetemi tanára (0299 4980005/204 int. 42 Argentina, E-mail: furawoman@yahoo.com)

Enzsölné Gerencsér Erzsébet, az NYME Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar Matematika, Fizika és Informatikai Intézet egyetemi tanársegéde (9200 Mosonmagyaróvár, Vár 2., Tel.: 96/566-694, Fax: 96/566-620, E-mail: enzsolne@mtk.nyme.hu)

Lakatos László, a DE AGTC Mezőgazdaságtudományi Kar Agrár-Műszaki Tanszék egyetemi docense (4032 Debrecen, Böszörményi út 138., Tel.: 52/508-325, Fax: 52/413-385, E-mail: lakatos@agr.unideb.hu)

Lantos Zsuzsanna, az NYME Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar Matematika, Fizika és Informatikai Intézet egyetemi docense (9200 Mosonmagyaróvár, Vár 2., Tel.: 96/566-694, Fax: 96/566-620, E-mail: lantos@mtk.nyme.hu)

Marosvölgyi József, az MFT Plusz BT. ügyvezetője (1134 Budapest, Róbert Károly krt. 90., Tel.: 20/386-0003, Fax: 253-6991, E-mail: jozsef.marosvolgyi@gmail.com)

Mika János, az Országos Meteorológiai Szolgálat vezető főtanácsosa (1024 Budapest, Kitaibel Pál út 1., Tel.: 346-4710, Fax: 346-4687, E-mail: mika.j@met.hu); az Eszterházy Károly Főiskola Földrajzi Tanszék egyetemi tanára, Eger

Milics Gábor, az NYME Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar Biológiai Rendszerek Műszaki Intézete egyetemi adjunktusa (9200 Mosonmagyaróvár, Vár 2., Tel.: 96/566-504, Fax: 96/566-641, E-mail: milics@mtk.nyme.hu)

Nyári Tünde, a BGF Külkereskedelmi Főiskolai Kar főiskolai hallgatója (1165 Budapest, Diósy Lajos u. 22-24., Tel.: 20/371-6408; E-mail: nyari.tunde@gmail.com)

Nyéki József, a DE AGTC Kutatási és Fejlesztési Intézet egyetemi tanára, intézetigazgató (4032 Debrecen, Böszörményi út 138., Tel.: 52/508-477, Fax: 52/526-934, E-mail: erdodine@agr.unideb.hu)

Péter Béla, a Blueprint Agrártevékenységet Elemző és Fejlesztő Kkt. vezetője (1032 Budapest, Kiscelli u. 8., III/9., Tel.: 368-3766, E-mail: peterbela@t-online.hu)

Pongrácz Rita, az ELTE Természettudományi Kar Földrajz- és Földtudományi Intézet Meteorológiai Tanszék egyetemi adjunktusa (1117 Budapest, Pázmány P. sétány 1/A, Tel.: 372-2500/6615, Fax: 372-2904, E-mail: prita@elte.hu)